

MEĐIMURSKO VELEUČILIŠTE U ČAKOVCU

ODRŽIVI RAZVOJ

NINA BEGIĆ

**TERMODINAMIČKI PRORAČUN NISKOENERGETSKI  
KONCIPIRANE OBITELJSKE KUĆE**

ZAVRŠNI RAD

ČAKOVEC, 2015.

MEĐIMURSKO VELEUČILIŠTE U ČAKOVCU

ODRŽIVI RAZVOJ

TERMOTEHNIČKO INŽENJERSTVO

NINA BEGIĆ

**TERMODINAMIČKI PRORAČUN NISKOENERGETSKI  
KONCIPIRANE OBITELJSKE KUĆE**

**THERMODYNAMIC ESTIMATE OF LOW-ENERGY  
FAMILY HOUSE**

ZAVRŠNI RAD

Mentor:

Marijan Horvat, pred.

ČAKOVEC, 2015.

## **ZAHVALA**

*Iskreno se zahvaljujem svojem mentoru i predavaču Marijanu Horvatu, na pomoći, susretljivosti, strpljenju te stručnim savjetima, čime mi je puno pomogao pri izradi završnog rada.*

*Velika zahvala roditeljima kao i svim kolegama koji su bili uz mene tokom studija.*

*Zahvaljujem se i svim profesorima i profesoricama s kojima sam se susrela i surađivala za vrijeme studiranja.*

## SAŽETAK

Korištenje obnovljivih izvora energije potrebno je smanjiti u cijelom svijetu kako bi se na taj način izbjegla pojava efekta staklenika i kako bi se izbjeglo onečišćenje okoliša [1]. Ovaj cilj moguće je postići jedino kroz učinkovito iskorištavanje energije u svim područjima primjene i života. Osnovni zadatak ekološki osviještenog stanovanja upravo je smanjenje negativnih utjecaja na okoliš i stvaranje optimalnih uvjeta zdravog stanovanja. Ono ne šteti okolišu, već ga uključuje u proces promjene.

Pasivna kuća je stambeno rješenje jer uz uštede energije istovremeno osigurava zdrav i ugodan boravak. Ona poštuje načela održivosti i zbog toga je koncept i za sadašnjost i za budućnost. Pasivna kuća ispunjava sve uvjete koje pred nas postavljaju etika, ekologija, ekonomija i energija. Ona je energetska učinkovita, financijski isplativa, ugodna, ekonomična i ekološki održiva.

Predmet završnog rada je proračun toplinskih gubitaka u pasivnoj obiteljskoj kući. Proračun toplinskih gubitaka proveden je prema normi HRN EN 13790. Za proračun su uzeti inznimno kvalitetni prozori i dobra toplinska izolacija zidova. Većina staklenih površina je na južnoj strani svijeta radi upijanja sunčeve topline.

**Ključne riječi:** *održivi razvoj, pasivna kuća, toplinski gubici*

## SADRŽAJ

1. PASIVNA KUĆA.....	1
2. TEMELJNA NAČELA PROJEKTIRANJA PASIVNE KUĆE .....	4
2.1. Orijentacija s obzirom na strane svijeta.....	4
2.2. Koeficijent oblika zgrade.....	5
2.3. Toplinsko zoniranje .....	6
3. VENTILACIJA I GRIJANJE .....	7
4. TOPLINSKA UGODNOST .....	9
5. TOPLINSKA BILANCA .....	11
5.1. Toplinski dobitci .....	11
5.2. Toplinski gubici .....	12
6. PROZORI ZA PASIVNE KUĆE .....	15
6.1. Koeficijent prolaza topline $U$ .....	16
6.1.1. $U$ -vrijednost ostakljenja: $U_g$ .....	17
6.1.2. $U$ -vrijednost prozorskog ovira: $U_f$ .....	17
6.1.3. Linearni koeficijent prolaska topline $\psi_g$ .....	18
6.1.4. $U$ -vrijednost prozora: $U_w$ .....	18
7. IZOLACIJA ZIDOVA.....	22
8. IDEJNI PROJEKT PASIVNE KUĆE .....	25
8.1. Funkcija, konstrukcija, estetika .....	25
9. PRORAČUN.....	29
9.1. Tehnički opis .....	32
9.1.1. Klimatska zona .....	32

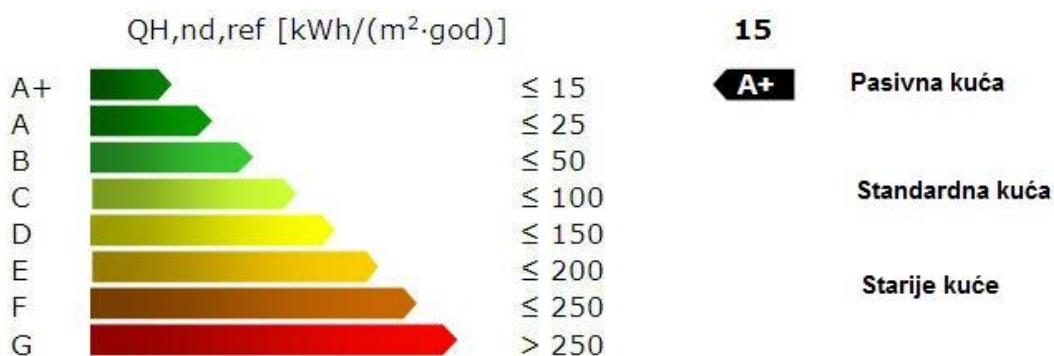
9.1.2. Definiranje zone.....	33
9.2. Proračun i ocjena fizikalnih svojstava zgrade u odnosu na racionalnu uporabu energije i toplinsku zaštitu .....	34
9.3. Proračun toplinskih mostova ( HRN EN ISO 14683) .....	39
9.4. Toplinski gubici .....	39
9.5. Toplinski dobici .....	41
9.5.1. Solarni dobici.....	41
9.5.2. Unutarnji dobici .....	44
9.6. Proračun potrebne topline za grijanje .....	46
9.6.1. Potrebna energija za zagrijavanje vode .....	49
9.7. Rezultati proračuna .....	50
9.8. Proračun potrošnje .....	51
10. ZAKLJUČAK.....	55
11. LITERATURA .....	56
12. PRILOZI .....	58
12.1. Popis slika.....	58
12.2. Popis tabela.....	60
12.3. Grafički prikaz [13] .....	61
12.4. Termodinamički proračuni u računalnom programu KI EXPERT.....	69

## 1. PASIVNA KUĆA

Pasivna kuća je energetska štedljiva kuća s godišnjom potrošnjom energije grijanja do 15 kWh/(m<sup>2</sup>a). Konstrukcija mora biti izvedena bez toplinskih mostova<sup>1</sup>. Zajednička potrošnja primarne energije<sup>2</sup> najviše je 120 kWh/(m<sup>2</sup>a) [2].

Pasivna kuća nije nova tehnologija gradnje već je izvedena niskoenergetska zgrada. Sama zgrada i njezina funkcija potpuno je tradicionalna te nema ograničenja u tlocrtnom obliku ili obliku zgrade. Viši životni standardi osigurani su tehničkim poboljšanjima plašta zgrade i kućnoj tehnici. Uz današnje inovativne tehničke uređaje za grijanje i prozračivanje moguće je postići tzv. pasivni standard.

Koncept pasivne kuće razvio je dr. sc. Wolfgang Feist kao probni projekt 1991. godine u Darmstadtu. U okviru projekta CEPHEUS<sup>3</sup> dr. Feist je sa suradnicima dokazao da se pasivna kuća može napraviti dostižnim sredstvima. Pasivne kuće troše četiri puta manje energije u usporedbi sa standardnim kućama. Na slici 1 je prikazana energetska iskaznica s primjerom pasivne kuće (razred A+). "Standardna" kuća mogla bi se svrstati u razred C, a danas starije kuće u razrede E ili F. Opskrba zgrada energijom iz obnovljivih izvora pruža potpuno nove mogućnosti [3].



Slika 1. Energetski razredi [3]

<sup>1</sup> Toplinski mostovi – mjesto u plaštu zgrade gdje je prolaz topline povećan zbog promjene materijala, debljine ili geometrije konstrukcije

<sup>2</sup> Primarna energija – zbroj sveukupno potrebne energije za funkcioniranje zgrade. To su obnovljivi izvori energije i neobnovljivi izvori energije.

<sup>3</sup> Cost Efficient Passive Houses as European Standard

Suživot ekonomije i ekologije u zgradama posljedica je sljedećih činjenica:

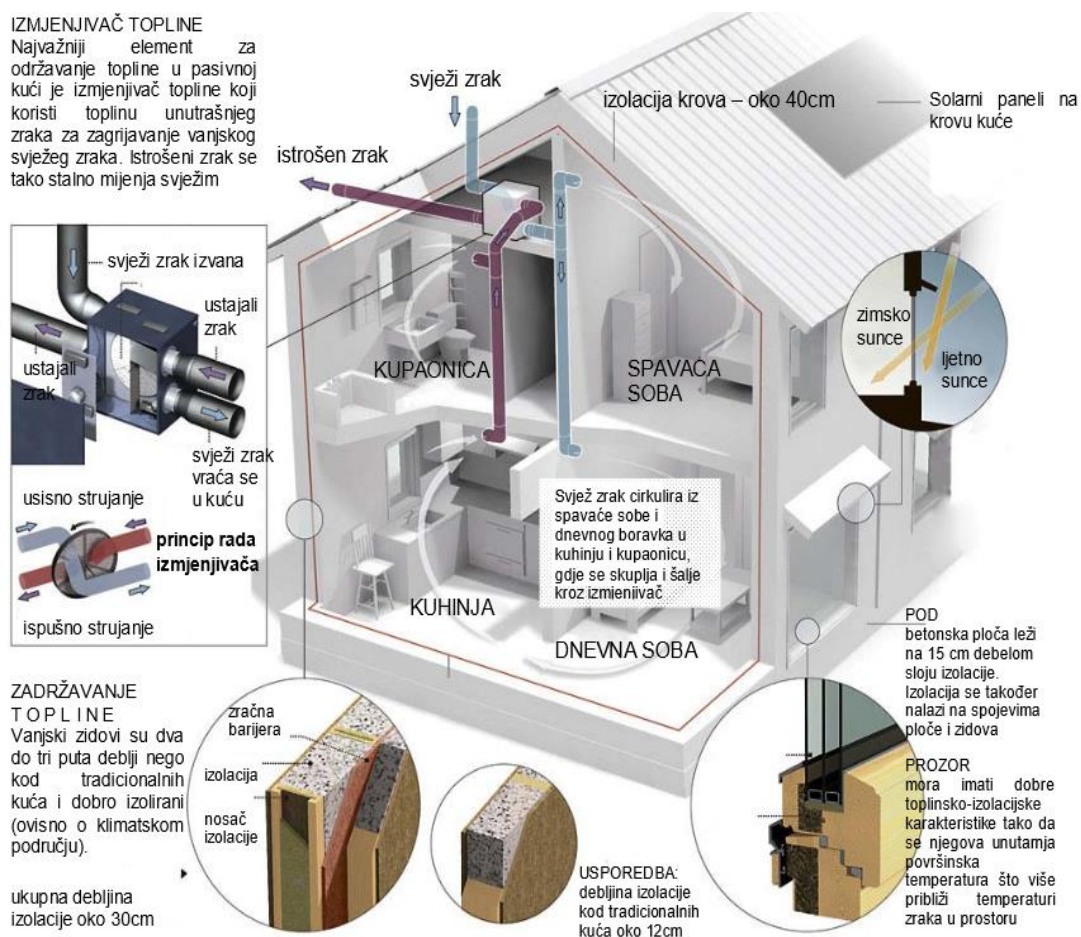
- poboljšana toplinska izolacija ne znači samo smanjenje toplinskih gubitaka već i zimi više, a ljeti niže površinske temperature vanjskih zidova na unutarnjoj strani,
- smanjenja toplinskih mostova – koja su po iskustvu pasivne gradnje jedna od najekonomičnijih mjera. Zbog toga se ugodnost u prostoru znatno povećava.
- zrakonepropusnosti – dobro izveden plašt zgrade može ostati trajno zrakonepropustan, i
- prisilnog prozračivanja – zrak se dovodi uređajima za prozračivanje s vraćanjem topline iskorištenog zraka.

Odličnom toplinskom izolacijom, dobro izoliranim prozorima, zrakonepropusnošću i prisilnim prozračivanjem s vraćanjem topline iskorištenog zraka moguće je u srednjoeuropskoj klimi izgraditi kuću s neznatnom potrošnjom energije [2].

Na slici 2 prikazano je grafičko objašnjenje pasivne kuće gdje svježi zrak ulazi u izmjenjivač topline koji je najvažniji element za održavanje topline u pasivnoj kući, tako svježi zrak cirkulira iz spavaće sobe i dnevnog boravka u kuhinju i kupaonicu, gdje se skuplja i šalje kroz izmjenjivač van kao istrošeni zrak. Istrošeni zrak se tako stalno mijenja svježim.

Osim izmjenjivača topline važna je i toplinska izolacija vanjskih zidova, koji su dva do tri puta deblji nego kod standardnih kuća (izolacija 25-30 cm), krova (oko 40 cm) i poda, gdje betonska ploča leži na 15 cm izolacije. Izolacija se nalazi i na spojevima ploče i zidova. Također su bitni i prozori koji moraju imati dobre toplinsko-izolacijske karakteristike, tako da se njegova unutarnja površinska temperatura što više približi temperaturi zraka u prostoriji. U pasivnoj gradnji moguće je toplinske gubitke nadoknađivati niskotemperaturnim podnim grijanjem [4].





Slika 2. Grafičko objašnjenje pasivne kuće

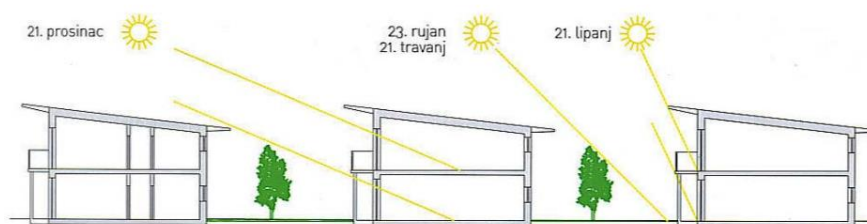
## 2. TEMELJNA NAČELA PROJEKTIRANJA PASIVNE KUĆE

U ovom poglavlju obrađeni su temeljni načeli projektiranja pasivne kuće, a to su orijentacija s obzirom na strane svijeta, koeficijent oblika zgrade, te toplinsko zoniranje.

### 2.1. Orijentacija s obzirom na strane svijeta

Jedno od temeljnog načela projektiranja pasivne kuće je orijentacija s obzirom na strane svijeta, koja ima veliko značenje jer omogućuje iskorištavanje dobitaka sunčeva zračenja. Količina dobitaka sunčeva zračenja ovisi o godišnjem dobu i dnevnom kretanju sunca te orijentaciji pročelja. Istočno je pročelje najintenzivnije obasjano ujutro, a zapadno popodne. Južno pročelje ljeti je obasjano manje od istočnoga i zapadnoga. Zimi je suprotno – obasjavanje na južnom pročelju je intenzivnije nego na istočnom i zapadnom. Ti odnosi zračenja pročelja obrazlažu prednosti južnoga pročelja za iskorištavanje sunčeve energije [2]. Pasivnu kuću stoga treba postaviti na južno orijentirano zemljište. Na južno pročelje se preporučuju veće ostakljene površine zbog sunčevih dobitaka, a na sjeverne manje ostakljene površine jer nema sunčevih zraka, a toplinski gubici transmisijom kroz omotač zgrade su znatno veći. Iskorištavanje sunčeva zračenja pripomaže ugodnosti prostora, ne samo zbog svjetlosti već i zbog topline.

Uz orijentaciju, za iskorištavanje sunčeva zračenja važno je da sunčeve zrake dolaze do kuće. Zasjenjenje kuće visokim drvećem ili susjednim zgradama snižava učinkovitost. Razmaci između zgrada moraju biti dimenzionirani s obzirom na nizak upadni kut zimskog sunčevog zračenja kao što je prikazano na slici 3 [2].



**Slika 3.** Razmak između građevina određen je zimskim upadnim kutom sunca

## 2.2. Koeficijent oblika zgrade

Kuća bi trebala biti što kompaktnija, bez razvedenih „krila“, dogradnji, masivnih neizoliranih balkona i sl. jer svaki dio objekta koji izlazi iz osnovnih gabarita zgrade povećava potrošnju energije. Stoga je u pogledu konfiguracije kuće veoma važno da su omotač kuće i njen unutrašnji prostor usklađeni, odnosno da postoji minimalna površina omotača prostora koji se grije, jer gubitak topline i troškovi izgradnje su to niži što je površina omotača manja. Odnos između površine i volumena izražava se tzv. "faktorom oblika zgrade" (1) [5].

$$f_o = \frac{A}{V_e} [m^{-1}] \quad (1)$$

gdje je:

- $f_o$  – faktor oblika zgrade [ $m^{-1}$ ]
- $A$  – površina [ $m^2$ ]
- $V_e$  – volumen [ $m^3$ ]

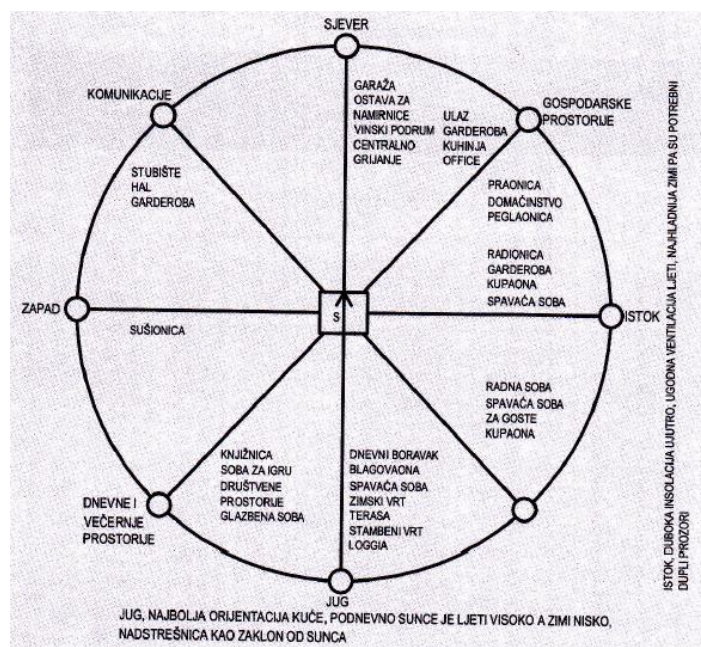
Posebno je dobar faktor oblika pri kvadratnim, okruglim, osmerokutnim i eliptičnim oblicima, slika 4 [2].



**Slika 4.** Koeficijent oblika geometrijskih tijela s jednakim volumenom

### 2.3. Toplinsko zoniranje

Toplinski gubici kroz zid su veći što je veća temperaturna razlika između obje površine. Smanjivanje transmisijskih toplinskih gubitaka u zgradi postiže se pravilnim razmještajem prostorija prema stranama svijeta, slika 5. Na sjevernoj strani gdje je temperatura na vanjskoj strani zida najniža, trebalo bi predvidjeti prostore s nižom temperaturom (npr. stubišta, smočnicu i druge pomoćne prostore). Na južnom su pročelju smješteni dnevni prostori koji zahtijevaju više temperature i dogrijavaju se sunčevom energijom [6].



**Slika 5.** Smještaj prostorija u odnosu na strane svijeta

Već u fazi projektiranja mora biti predviđeno kakav će temperaturni režim biti u podrumu i tavanskom prostoru zgrade. Ako su unutar toplinskog plašta zgrade, moraju biti grijani cijelo vrijeme. Ako su negrijani, moraju biti izvan toplinskog plašta zgrade. U tom slučaju prizemlje iznad negrijanog podruma, kao i etaža ispod negrijanog tavanskog prostora, moraju biti u cijelosti odgovarajuće izolirani. Jednostavnije je rješenje s vanjskim pristupom u negrijani podrum i na tavan.

### 3. VENTILACIJA I GRIJANJE

Standard pasivne kuće zahtjeva potpuno zrakonepropustan plašt zgrade jer se tako smanjuju ventilacijski gubitci. To, međutim, gotovo u potpunosti sprečava dovod svježeg zraka u zgradu te je iz tog razloga, u pasivnim kućama, obavezna ugradnja uređaja za ventilaciju. Kako bi se postigli što manji toplinski gubitci, u pasivnoj kući obavezan je sustav kontrolirane ventilacije vraćanjem topline otpadnog zraka (tj. rekuperacija) i sa iskoristivošću većom od 75%. To znači da topao otpadni zrak daje toplinu hladnom ulaznom svježem zraku, što dodatno smanjuje toplinske gubitke zbog ventilacije, odnosno prirodnog prozračivanja. Sustav ima i filtere za pelud i prašinu, što je prednost za osjetljive i oboljele od alergija [2].

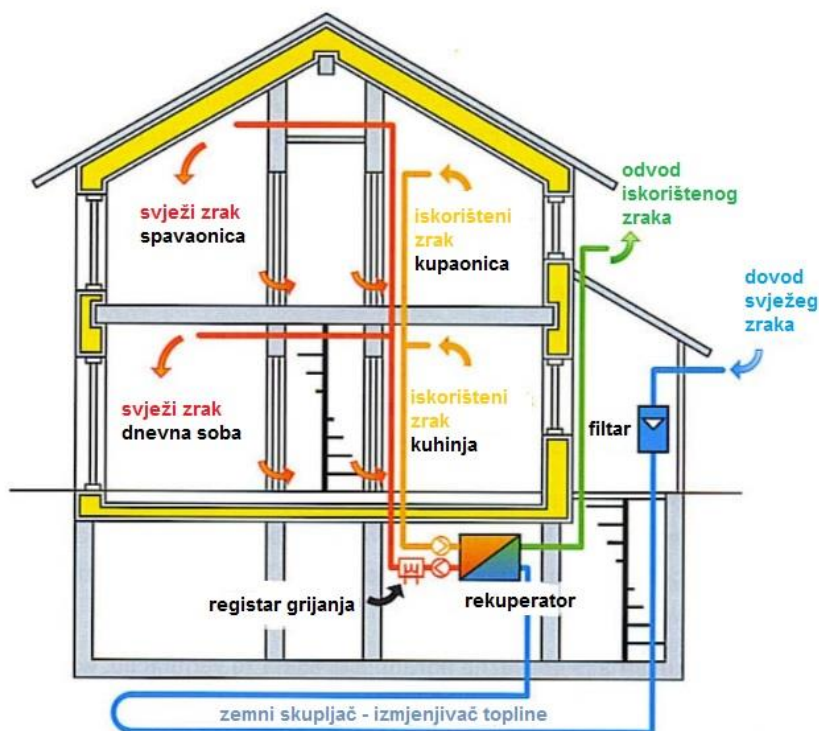
Slikom 6. prikazan je način rada ventilacije i cirkulacije zraka unutar pasivne kuće. Kod pasivnih kuća svjež vanjski zrak se uzima izvan kuće kroz zaštitnu rešetku na pročelju ili krovu i dovodi po izoliranim cijevima<sup>4</sup> do uređaja za ventilaciju. Prije ulaza u filtru se izluče dijelovi prašine. U toplinskom izmjenjivaču se svjež zrak predgrije toplinom otpadnog zraka koji se isisava iz kuće. Iz izmjenjivača svjež zrak ide preko razvodnog sustava u tzv. dovodne prostore<sup>5</sup>. Iskorišteni odvodni zrak uzima se iz prostora opterećenih vlagom i mirisima<sup>6</sup> i po kanalima odvodi do uređaja za ventilaciju. U izmjenjivaču topline daje toplinu svježem i hladnom dovedenom zraku, a zatim se po izoliranim cijevima odvodi izvan kuće [2].

---

<sup>4</sup> Izolirane cijevi – plošne fiksibilne cijevi širine 10-20 cm

<sup>5</sup> Dovodni prostori – dnevna soba, blagavaonica, spavaća soba, radna soba

<sup>6</sup> Prostori opterećeni vlagom i mirisima – kuhinja, kupaonica, zahod, pomoćne prostorije



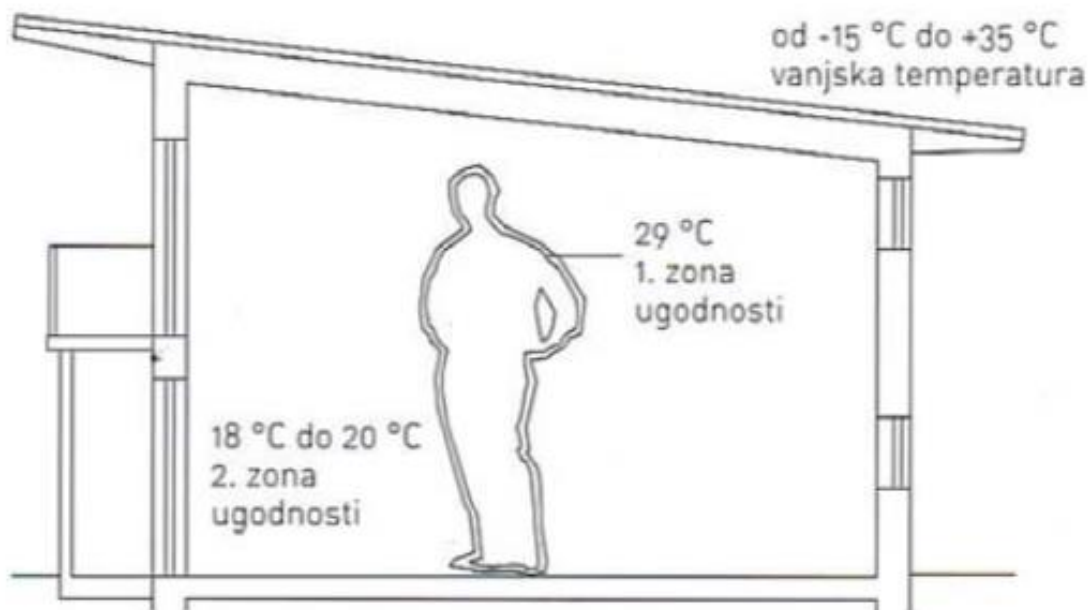
**Slika 6.** Uređaj za ventilaciju dovodi svježi zrak u prostore i odvodi iskorišteni zrak iz zgrade. Svježi zrak dovodi se u stambene prostore i spavaonice, a odvodi iz kuhinje i kupaonice

Pasivna kuća nije energetski samodostatna ili nulta-energetska kuća kojoj dodatno grijanje nije potrebno, međutim, potrebe za dogrijavanjem su vrlo niske. Dodatno grijanje moguće je pomoću tradicionalnih uređaja na različite energetske izvore poput loživog ulja, zemnog plina i dr. Umjesto klasičnih sustava grijanja primjenjuje se i tzv. toplozračno grijanje gdje se zrak, doveden uređajima za ventilaciju, u hladnim danima dogrije. Za grijanje sanitarne vode potrebno je dvostruko više energije nego za grijanje prostora pa se preporuča kombinacija toplinske crpke i pretvornika sunčeve energije. Na taj način pokriva se 40-60% energije potrebne za zagrijavanje sanitarne vode.



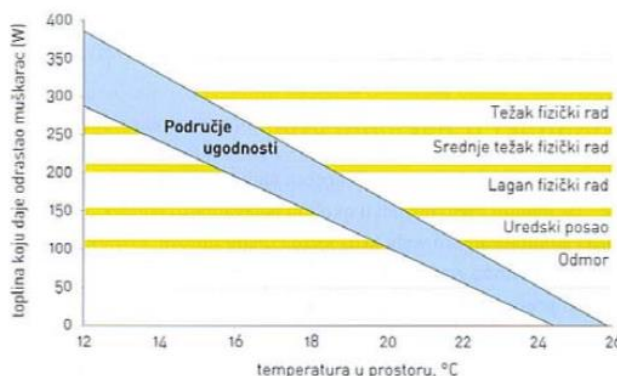
## 4. TOPLINSKA UGODNOST

Za temperaturnu ugodnost ljudskog tijela važnost ima temperatura okoline. U rijetkim klimatskim prilikama temperaturnu ravnotežu osigurava samo čovjekova koža, dok je u većini klimatskih prilika treba uravnotežiti drugim mjerama. Prva mjera, tzv. „druga koža“, je čovjekova odjeća. U prvoj zoni ugodnosti, prostorom između kože i odjeće, koja ima izolirajuću funkciju, mora biti 27-29 °C, slika 7 [2]. Druga zona ugodnosti je područje između odjeće (primjereno za unutarnje prostore) i tu je tzv. „treća koža“, kako se često naziva plašt zgrade. Toplinska ugodnost ovisi i o čovjekovoj aktivnosti jer što je čovjek aktivniji nastaje više topline te su potrebne niže temperature zraka u prostoru.



**Slika 7.** *Uvjeti za temperaturu ugodnosti čovjeka*

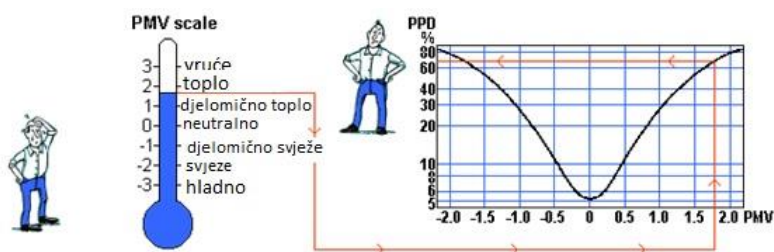
Slika 8. nam prikazuje područja ugodnosti pri različitim temperaturama zraka u prostoru i različitim fizičkim aktivnostima. Pri temperaturi 20-22 °C odrastao muškarac u odmaranju daje približno 100 W topline, pri teškom fizičkom radu pri temperaturi zraka 12-14 °C više od 300 W [2].



**Slika 8.** Područje ugodnosti pri različitim aktivnostima

Prema ISO 7730 toplinska ugodnost se definira kao stanje svijesti koje izražava zadovoljstvo toplinskim stanjem okoliša [7]. Zadatak sustava grijanja jest taj da se u zoni boravka ljudi osigura postizanje i održavanje parametara toplinske ugodnosti u granicama koje odgovaraju najvećem broju osoba. Zona boravka je dio prostorije koji se prostire od 0,1 do 1,8 m po visini prostorije, udaljena 1 m od vanjskog te 0,5 m od unutarnjih zidova [8]. Osnovni parametri toplinske ugodnosti su temperatura zraka u prostoriji, temperature ploha prostorije, vlažnost zraka, strujanje zraka, razina odjevenosti te razina fizičke aktivnosti. Toplinska ugodnost je rezultat međusobne interakcije svih navedenih parametara. Pri promjeni jedne veličine, razinu ugodnosti je moguće zadržati jedino uz promjenu neke druge veličine.

Osjećaj ugodnosti se vrednuje sa dvije osnovne veličine. To su PMV<sup>7</sup> i PPD<sup>8</sup>. PMV predviđa subjektivno ocjenjivanje ugodnosti boravka u okolišu od strane grupe ljudi, dok PPD predviđa postotak nezadovoljnih osoba. Prema ISO 7730 PMV indeks bi se trebao nalaziti u rasponu od -0,5 do 0,5 a PPD indeks bi trebao biti manji ili jednak od 10% , slika 9 [2].



**Slika 9.** Odnos PMV i PPD indeksa

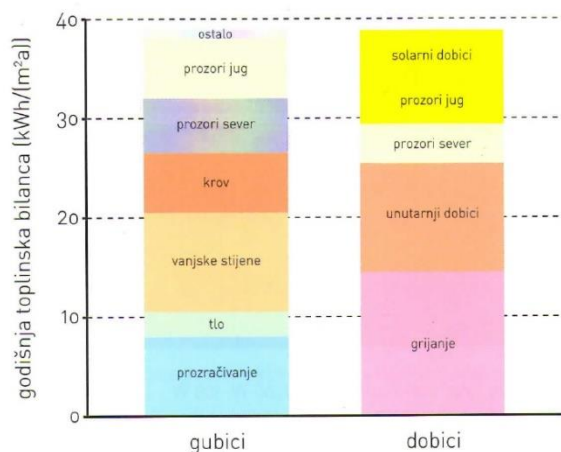
<sup>7</sup> PMV - predicted mean vote

<sup>8</sup> PPD - predicted percentage of dissatisfied



## 5. TOPLINSKA BILANCA

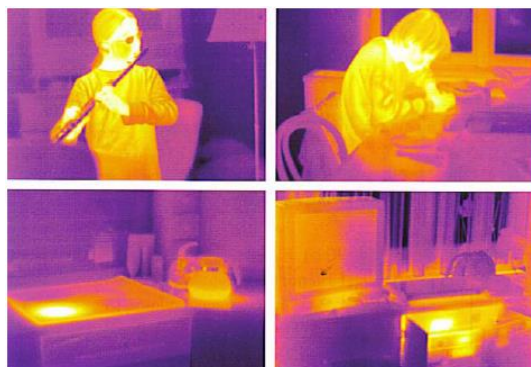
Osnovni zahtjev pasivne kuće je smanjivanje toplinskih gubitaka i optimiziranje solarnih dobitaka. Zgrada gubi energiju transmisijom i prozračivanjem, kako je vidljivo na slici 10 [6].



**Slika 10.** Godišnja toplinska bilanca pasivne kuće

### 5.1. Toplinski dobitci

Za pasivnu kuću su važni i toplinski dobitci iz različitih izvora. To su dobitci od sunčevog zračenja i dobitci od unutarnjih izvora. Dobitci sunčevog zračenja dovode se u zgradu kroz prozirne dijelove zgrade (prozore, staklena vrata), a količina dobitaka ovisi o orijentaciji prozirnih površina i njihovoj veličini. Najviše dobitaka od sunčevog zračenja očekuje se na južnim površinama, a manje na istočnim i zapadnim. Dobitci od unutarnjih izvora posljedica su oslobađanja topline pri radu električnih strojeva i uređaja u zgradi. Također, toplinu daju i ljudi, stoga se kod proračuna uvijek uzima u obzir broj stalnih korisnika zgrade [2].

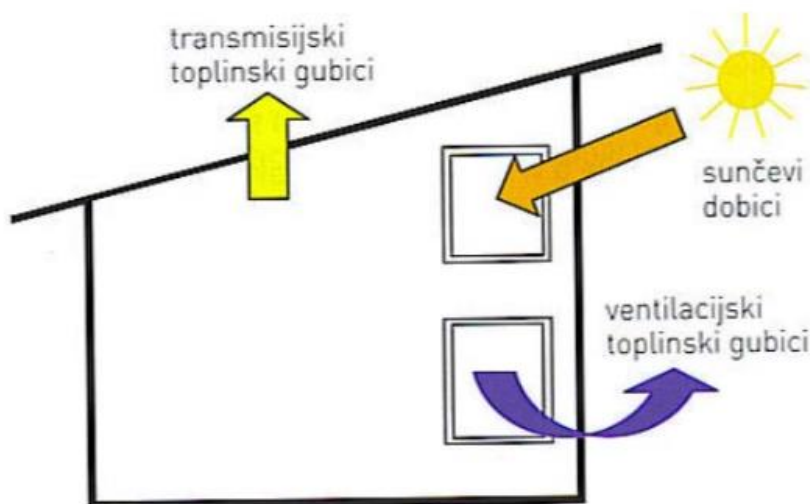


**Slika 11.** Unutarnji izvori topline evidentirani termografskom kamerom

## 5.2. Toplinski gubici

Kako bi se sustav grijanja mogao ispravno dimenzionirati, potrebno je proračunati toplinske gubitke objekta. Proračun se provodi prema Europskoj normi HRN EN 12831. Norma definira proračun potrebnog toplinskog učinka za održavanje unutarnje projektne temperature prostorije pri vanjskim projektnim uvjetima. Vanjski projektni uvjeti nisu definirani u normi, nego se uzimaju zavisno o lokaciji objekta. Vanjska projektna temperatura predstavlja najnižu vanjsku temperaturu u zadnjih 20-30 godina u obliku dnevne, dvodnevne ili peterodnevne srednje vrijednosti.

Transmisijski gubici nastaju zbog prolaska topline kroz građevni element kao posljedica njegove provodljivosti. Toplinski gubici od prozračivanja nastaju uslijed izmjene zraka između objekta i okoline. Nastaju pri namjenskom prozračivanju<sup>9</sup> ili nenamjenskom i neželjenom prozračivanju<sup>10</sup>. Zrakonepropusni prozori i plašt smanjuju gubitke od prozračivanja, iako je time onemogućeno dovođenje potrebne količine svježeg zraka u građevinu. Zato je kod pasivnih kuća potrebno ugraditi uređaje za prozračivanje s učinkovitom rekuperacijom, slika 12 [2].



**Slika 12.** Toplinska strujanja kroz plašt zgrade

---

<sup>9</sup> Namjensko prozračivanje - prozračivanje kroz prozore, mehaničko prozračivanje

<sup>10</sup> Nenamjensko i neželjeno prozračivanje - prozračivanje kroz rešetke, pukotine i sl.

Projektni toplinski gubici se računaju za svaku grijanu prostoriju, zatim se sumiraju i dobivaju se ukupni toplinski gubici zgrade. Dva osnovna modela izmjene topline su transmisija i ventilacija. Transmisijski gubici se događaju uslijed izmjene topline kroz građevne elemente prema okolnom prostoru niže temperature. Proračun transmisijskih gubitaka podrazumijeva proračun izmjene topline kroz sve građevne elemente prostorije prema vanjskom okolišu, prema susjednim negrijanim prostorijama, prema susjednim prostorijama grijanim na nižu temperaturu te prema tlu. Za određivanje ukupnih transmisijskih gubitaka grijanog prostora koristi se sljedeća formula [9]:

$$\Phi_T = (H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}) (\theta_i - \theta_e) [W] \quad (2)$$

gdje je:

- $H_{T,ie}$  - koeficijent transmisijskog gubitka od grijanog prostora prema vanjskom okolišu (W/K),
- $H_{T,iue}$  - koeficijent transmisijskog gubitka od grijanog prostora kroz negrijani prostor prema vanjskom okolišu (W/K),
- $H_{T,ig}$  - stacionarni koeficijent transmisijskog gubitka od grijanog prostora prema tlu (W/K),
- $H_{T,ij}$  - koeficijent transmisijskog gubitka od grijanog prostora prema susjednom prostoru grijanom na nižu različitu temperaturu (W/K),
- $\theta_i$  - unutarnja projektna temperatura (°C), i
- $\theta_e$  - vanjska projektna temperatura (°C).

Za određivanje transmisijskih gubitaka također je potrebno definirati koeficijente prolaza topline. Oni ovise o materijalu od kojeg je pojedini građevni element izrađen te o debljinama pojedinih slojeva korištenih materijala. Što je koeficijent prolaza topline manji, to će biti manja izmjena topline kroz taj građevni element.

Za određivanje ventilacijskih gubitaka, koji se u ovom projektu svode na infiltraciju, potrebno je definirati minimalan broj izmjena zraka za promatranu prostoriju kako bi se mogao izračunati volumenski protok zraka koji prostorija izmjenjuje sa susjednim prostorima. Volumenski protok zraka ovisi o brzini i smjeru strujanja vjetra, dimenzijama zazora prozora i vrata te još nekim utjecajnim parametrima. Ventilacijski gubici se računaju prema [9]:

$$\Phi_V = H_{V,i}(\theta_i - \theta_e) = 0,34 \cdot V \quad (3)$$

Minimalan broj izmjena zraka po satu (ACH - air changes per hour) je definiran kao volumen zraka u prostoriji koji se promijeni u jednom satu. Na primjer, vrijednost ACH od 1 bi značila da se u jednom satu uslijed infiltracije promijeni cjelokupni volumen zraka u prostoriji. Vrijednosti su definirane u normi, te su dane u tablici 1 [9].

**Tablica 1.** *Minimalni broj izmjena zraka po satu*

Tip prostorije	$n_{\min}(\text{h}^{-1})$
prostor za boravak	0,5
kuhinja ili kupaona sa prozorom	1,5

Za izmjenu topline sa susjednim prostorijama niže ali nepoznate temperature, norma definira koeficijent smanjenja temperature razlike navedene u tablici 2 [9]. Oni se koriste kako bi se mogli odrediti projektni toplinski gubici grijane prostorije prema vanjskom okolišu kroz susjednu negrijanu prostoriju.

**Tablica 2.** *Koeficijent smanjenja temperature razlike*

Negrijani prostor	$b_u$
stubište s jednim vanjskim zidom	0,4
podrum s prozorima	0,8

Zbroju transmisijskih i ventilacijskih gubitaka potrebno je dodati i toplinski tok potreban za naknadno zagrijavanje prostora zbog prekida grijanja. U slučaju prekida rada sustava grijanja preko noći, temperatura prostorije pada. Koliko će ona pasti, ovisi o toplinskoj tromosti zgrade. U ovome projektu, zbog dobre izolacije, pretpostavljen je pad temperature od 1 K te su sukladno normi odabrani korekcijski koeficijenti koji se množe s površinom prostorije te nadodaju na ukupan potrebni toplinski učinak potreban za grijanje prostorije. Korekcijski faktori preuzeti iz norme dani su u tablici 3 [9].

**Tablica 3.** *Korekcijski koeficijenti*

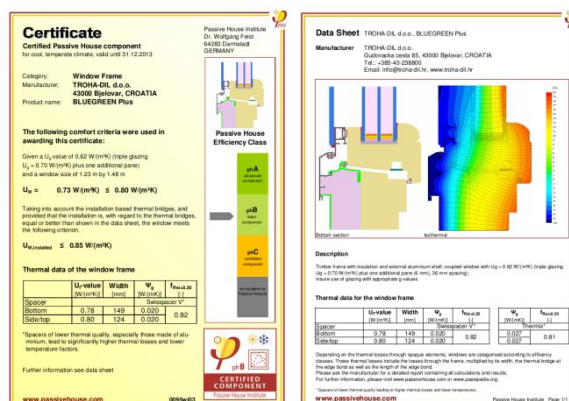
vrijeme zagrijavanja h	Pretpostavljeni pad temperature K	$f_{RH}$ W/m <sup>2</sup>
2	1	6

## 6. PROZORI ZA PASIVNE KUĆE

Prozor za pasivne kuće nije tip prozora u pravome smislu. Pojam prozora za pasivne kuće odnosi se na izolacijska svojstva prozora. Prozor sa standardom pasivne kuće ima vrlo dobru vrijednost toplinske izolacije. Koeficijent prijelaza topline  $U_w$  mora biti manji ili jednak od  $0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ , u skladu s europskim standardom. Svaki prozor koji ima  $U_w$ -vrijednost manju ili istu vrijednosti  $0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$  je po tome prozor za pasivne kuće i odgovara aktualnim smjernicama za uštedu EnEV<sup>11</sup> za upotrebu u pasivnim kućama i za pripadajući program subvencioniranja.

Osim toga, prozori pasivnih kuća imaju visoko propuštanje sunčeve energije. To znači da se prirodna toplota sunčevog zračenja može učinkovitije iskoristiti, što poboljšava energetska bilancu zgrade i smanjuje godišnje primarne energetske zahtjeve. Pored prednosti u smislu udobnosti života, prozori pasivnih kuća služe uglavnom za smanjenje energije i troškova grijanja. Zajedno ove prednosti nude graditeljima i stanarima jasnu prednost, posebno kada se koriste u novogradnji i u projektima obnavljanja.

Ispitivanje prozora za pasivne kuće u Europi se vrši na Passivhaus institutu iz Darmstadta u Njemačkoj, kojeg vodi dr. Wolfgang Feist. Prozori koji prođu u tom institutu sva potrebna ispitivanja s prolaznom ocjenom, dobijaju certifikat PASIVNOG PROZORA, slika 13 [10].



Slika 13. Certifikat pasivnog prozora

<sup>11</sup> EnEV- Die Energieeinsparverordnung (pravilnik spremanja energije)

Ispitivanja se vrše:

- ispitivanjem proračunskom metodom,
- ispitivanjem termičkih karakteristika okvira,
- ispitivanjem termičkih karakteristika stakla,
- ispitivanjem ugradbene situacije, i
- provjeravanjem difuzije vodene pare.

Prednosti prozora za pasivne kuće:

- Visoka razina udobnosti – ne stvara se hladan zrak u blizini prozora.
- Ne pojavljuju se obrisi zbog različitih temperaturnih slojeva u području prozora.
- Unutrašnja površinska temperatura prozora za pasivne kuće ni u zimi ne pada ispod 17 stupnjeva Celzijevih.
- Zbog odličnog izolacijskog svojstva u području prozora više nisu potrebni radijatori. To omogućava dodatnu slobodu u namještanju i uređenju doma.
- U međuvremenu, vrlo mali dodatni troškovi prozora za pasivne kuće u kratkom vremenu će otplatiti sami sebe zbog visoke energetske učinkovitosti.

## 6.1. Koeficijent prolaza topline U

Iznimna toplinska izolacijska svojstva prozora sa standardom pasivne kuće dobivaju se zahvaljujući vrlo visokoj tehnologiji kvalitetnog okvira, u kombinaciji s troslojnim ostakljenjem. U-vrijednost gotovog prozora ovisi o U-vrijednosti okvira, ostakljenja i rubne brtve odstoynika.

Kod prozora se u osnovi razlikuju tri U-vrijednosti:

- $U_w^{12}$  – ukupna vrijednost prozora
- $U_g^{13}$  – U-Vrijednost ostakljenja
- $U_f^{14}$  – U-Vrijednost okvira

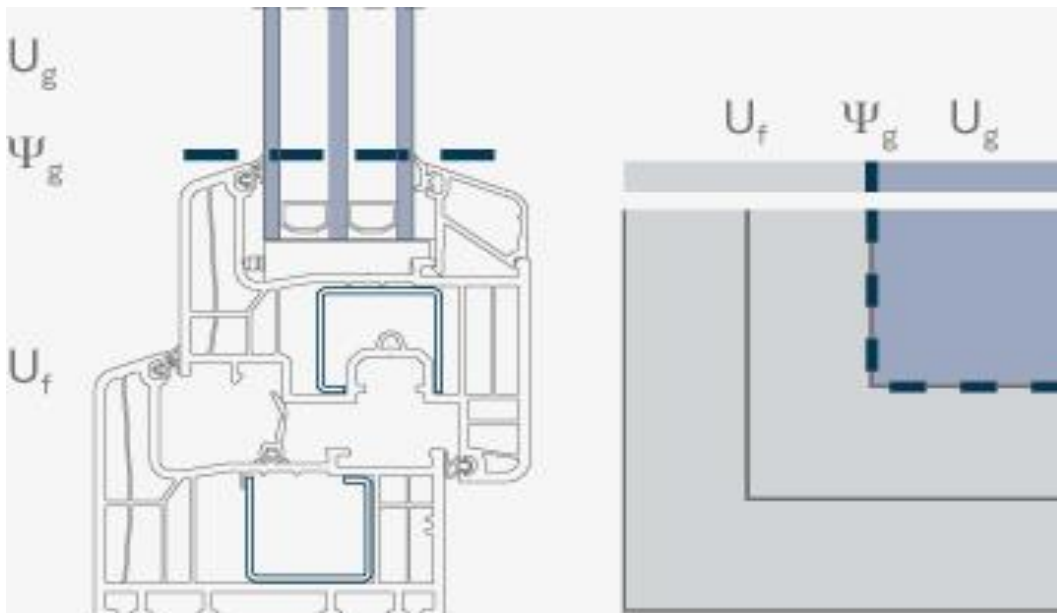
---

<sup>12</sup> w = window (prozor)

<sup>13</sup> g = glazing (ostakljenje)

<sup>14</sup> f = frame (okvir)

Koeficijent prijelaza topline  $U_w$  se odnosi na cijeli prozor. U toj vrijednosti nalaze se  $U$ -vrijednosti za ostakljenje  $U_g$  i za okvir  $U_f$ . Iz toga na ukupnu vrijednost  $U_w$  također utječe linearni koeficijent prolaska topline  $\psi_g$  ( $g = \text{glazing}$ ) i veličina prozora, slika 14 [10].



**Slika 14.  $U$ -vrijednost**

#### **6.1.1. $U$ -vrijednost ostakljenja: $U_g$**

$U_g$ -vrijednost ovisi o vrsti plina za ispunu međuprostora, razmak stakla i broj istih. Tipične  $U$ -vrijednosti za izolirana stakla su:

- 2-slojno izolirano staklo 24 mm punjeno plinom argonom:  $1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$
- 3-slojno izolirano staklo 36 mm punjeno plinom argonom:  $0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$
- 3-slojno izolirano staklo 44 mm punjeno plinom argonom:  $0,6 \text{ W/m}^2\text{K}$
- 3-slojno izolirano staklo 36 mm punjeno plinom kriptonom:  $0,5 \text{ W/m}^2\text{K}$

#### **6.1.2. $U$ -vrijednost prozorskog ovira: $U_f$**

$U_f$ -vrijednost kombinacije okvira i krila se određuje mjerenjem ili izračunom. Kao prostor za izračun  $U_w$ -vrijednosti uzima se presjek profila.

### 6.1.3. Linearni koeficijent prolaska topline $\psi_g$

Na vrijednost  $\psi_g$  za kutni spoj ostakljenja uglavnom utječe materijal koji je korišten za izolacijski poveznik. Standardni materijal s toplinsko najlošijim osobinama je aluminij. Odstojnici s poboljšanom toplinskom izolacijom nazivaju se "topli rubovi". Ovi su graničnici izrađeni od nehrđajućeg čelika ili plastike. Veći rubni preklop izoliranog stakla u okviru dodatno poboljšava  $\psi$ -vrijednost rubnog spoja.

Primjeri  $\psi$ -vrijednosti:

- Aluminijski odstožnik: ca. 0,08 W/mK
- „Topli rub“ odstožnik: ca. 0,04 W/mK

### 6.1.4. U-vrijednost prozora: $U_w$

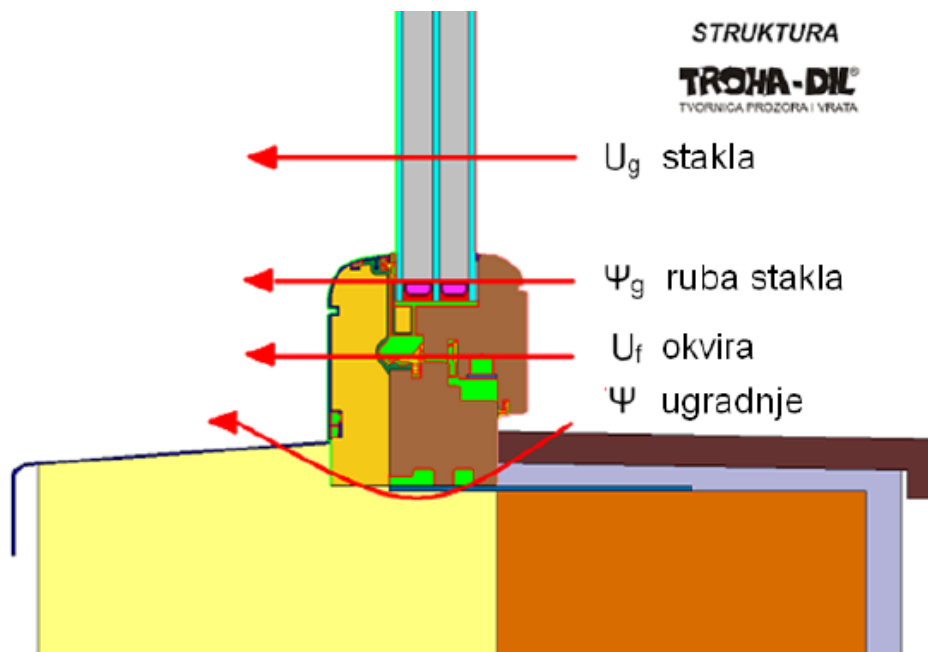
Koeficijent prijenosa topline za prozore i vrata  $U_w$  obično se računa u zadanoj standardiziranoj veličini prozora 1,23 m x 1,48 m. Važno: Kod manjih dimenzija pogoršava se U-vrijednost, veći prozori postižu bolju vrijednost. To je zato što je U-vrijednost ostakljenja bolja od U-vrijednosti okvira. Tako se većom staklenom površinom postiže bolja izolacijska vrijednost. Prema pravilniku o uštedi energije EnEV kod normalnog ostakljenja  $U_w$ -vrijednost ne smije biti veća od 1,3 W/m<sup>2</sup>K, kako je prikazano na slikama 15 i 16 [10]. Prozori sa  $U_w$ -Vrijednosti 0,8 W/m<sup>2</sup>K ili bolje zadovoljavaju standarde pasivnih kuća.

Za određivanje koeficijenata prijelaza topline koristi se sljedeća formula [11]:

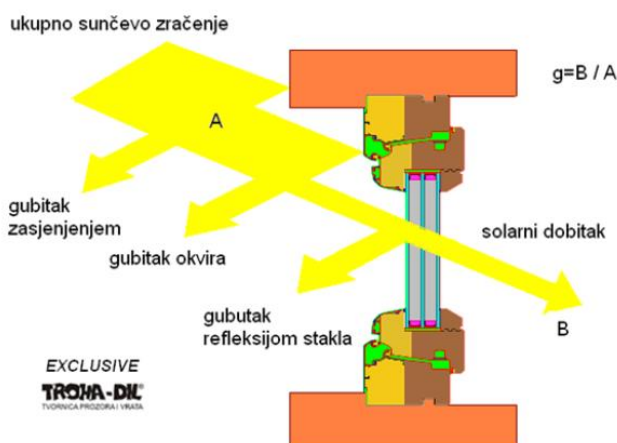
$$U_w = \frac{(A_g \times U_g + A_f \times U_f + l_g \times \psi_g)}{(A_g + A_f)} \quad (4)$$

- $U_g$  = koeficijent prijelaza topline stakla
- $U_f$  = koeficijent prijelaza topline okvira
- $\psi_g$  = linearni koeficijent prijelaza topline ruba spoja izoliranog stakla
- $A_g$  = površina stakla
- $A_f$  = površina okvira
- $A_w = A_g + A_f$
- $l_g$  = duljina unutarnjeg ruba okvira profila (ili vidljivi opseg staklene površine)





Slika 15. Pojedinačni gubitci topline u funkciji ukupnih toplinskih gubitaka kroz prozor



Slika 16. Solarni dobitci ovise o vrsti i površini stakla

Za našu pasivnu kuću odabrali su se prozori linije "PLUS", slika 17, sustava prozora *Bluegreen line* tvrtke Troha-Dil. *Plus* je prozor za pasivne i niskoenergetske kuće s najboljom  $U_f$  vrijednošću na svijetu u kategoriji pasivnih prozora s dodatnim krilom, slika 18. i 19. Dizajniran je tako da se prozorskom krilu dodaje još jedno krilo s četvrtim staklom, a u prostor između ugrađuje se zaštita od sunca [12].

U kombinaciji s troslojnim staklom  $U_g=0.5 \text{ W/m}^2\text{K}$  s dodatnim kaljenim staklom i duetom postiže najbolju ukupnu vrijednost prozora od:  $U_w=0.47 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

Ekonomski najisplativija (za kupca najpovoljnija), kombinacija je sa staklom  $U_g=0.6 \text{ W/m}^2\text{K}$  i kaljenim dodatnim staklom koja daje ukupnu vrijednost prozora od:  $U_w=0.63 \text{ W/m}^2\text{K}$  [12].



Slika 17. Prozor linije Plus

**Evidence of Performance**

**Test report**  
10-000826-PB03-A01-02-en-01

**Client** Troha-dil d.o.o.  
Poslovna "Zona-P" Severin

**43274 Severin**  
**Croatia**

<b>Product</b>	Tilt and turn window
<b>System</b>	BLUEGREEN Plus
<b>Overall dimensions (W x H)</b>	1230 mm x 1480 mm
<b>Frame material</b>	Wood-Aluminium
<b>Special features</b>	Design with high resistance to water vapour diffusion according to ENV 13420.

**Resistance to wind load – EN 12210**  
 **Class C4**

**Watertightness – EN 12208**  
 **Class E1200**

**Air permeability – EN 12207**  
 **Class 4**

**Representation**  


**Instruction for use**  
The present test report serves to demonstrate the above characteristics of windows according to EN 14351. The results obtained can be used by the manufacturer as the basis for the manufacturer ITT test report summary. The conditions and requirements set out by EN 14351-1 shall be observed.

**Validity**  
The data and results refer solely to the tested and described specimen.  
The test results can be extrapolated as per EN 14351-1, under observation of Annex E.1, under the manufacturer's own responsibility.  
The test does not allow any statement to be made on further characteristics of the present structure and quality, in particular the effects of weathering and ageing.

**Notes on publication**  
The IFT Guidance Sheet "Conditions and Guidance for the Use of IFT Test Documents" applies.  
The cover sheet can be used as an abstract.

**Contents**  
The report contains a total of 12 pages.

IFT Rosenheim  
10. January 2011

  
Jörn Peter Less, Dipl.-Ing. (FH)  
Head of Testing Department  
Building Components

  
Axel Graf, Dipl.-Ing. (FH)  
Operating Testing Office  
Tightness & Wind Load

**IFT Rosenheim GmbH**  
Geschäftsführer  
Dipl.-Ing. (FH) Ulrich Seifert  
Dr. Jochen Pöschel

**Theodor-Graf-Str. 7-9**  
D-83209 Rosenheim  
Tel. +49 (0)8031 291-0  
Fax +49 (0)8031 291-290  
www.ift-rosenheim.de

**Sty. 43208 Rosenheim**  
A2 Trautwein, HfB 14763  
Rosenheim Rosenheim  
Rt. 9823  
St. 2 111 300 00

**Notified Body No. 0257**  
Anerkante PZ-Stelle BAF 18  
IFT Rosenheim  
Notified Body No. 0257  
Anerkante PZ-Stelle BAF 18

Slika 18. IFT Rosenheim ispitno izvješće

## Certificate

**Certified Passive House component**  
for cool, temperate climate, valid until 31.12.2013

Category: **Window Frame**  
Manufacturer: **TROHA-DIL d.o.o.**  
43000 Bjelovar, CROATIA  
Product name: **BLUEGREEN Plus**

**The following comfort criteria were used in awarding this certificate:**

Given a  $U_g$  value of 0.62 W/(m²K) (triple glazing)  
 $U_g = 0.70$  W/(m²K) plus one additional pane)  
and a window size of 1.23 m by 1.48 m

**$U_W = 0.73$  W/(m²K)  $\leq$  0.80 W/(m²K)**

Taking into account the installation based thermal bridges, and provided that the installation is, with regard to the thermal bridges, equal or better than shown in the data sheet, the window meets the following criterion.

**$U_{W,installed} \leq 0.85$  W/(m²K)**

**Thermal data of the window frame**

	U <sub>f</sub> -value [W/(m²K)]	Width [mm]	$\Psi_g$ [W/(mK)]	$f_{Rsi=0.20}$ [-]
Spacer			Swisspacer V*	
Bottom	0.78	149	0.020	0.82
Side/top	0.80	124	0.020	

\*Spacers of lower thermal quality, especially those made of aluminium, lead to significantly higher thermal losses and lower temperature factors.

Further information see data sheet

[www.passivehouse.com](http://www.passivehouse.com) 0095wi03

Passive House Institute  
Dr. Wolfgang Feist  
64283 Darmstadt  
GERMANY

**Passive House Efficiency Class**

phA  
advanced component

phB  
basic component

phC  
certifiable component

not suitable for Passive Houses

**CERTIFIED COMPONENT**  
Passive House Institute

## Data Sheet

TROHA-DIL d.o.o., BLUEGREEN Plus

Manufacturer: TROHA-DIL d.o.o.  
Gudovacka cesta 85, 43000 Bjelovar, CROATIA  
Tel.: +385-43-238800  
Email: info@troha-dil.hr, www.troha-dil.hr

**Description**

Timber frame with insulation and external aluminium shell; coupled window with  $U_g = 0.62$  W/(m²K) (triple glazing  $U_g = 0.70$  W/(m²K) plus one additional pane (6 mm), 36 mm spacing); insure use of glazing with appropriate g-values

**Thermal data for the window frame**

	U <sub>f</sub> -value [W/(m²K)]	Width [mm]	$\Psi_g$ [W/(mK)]	$f_{Rsi=0.20}$ [-]
Spacer			Swisspacer V*	
Bottom	0.78	149	0.020	0.82
Side/top	0.80	124	0.020	

$\Psi_g$ [W/(mK)]	$f_{Rsi=0.20}$ [-]
0.027	0.81
0.027	

Depending on the thermal losses through opaque elements, windows are categorised according to efficiency classes. These thermal losses include the losses through the frame, multiplied by its width, the thermal bridge at the edge bond as well as the length of the edge bond.  
Please ask the manufacturer for a detailed report containing all calculations and results.  
For further information, please visit [www.passivehouse.com](http://www.passivehouse.com) or [www.passivepedia.org](http://www.passivepedia.org).

\* Spacers of lower thermal quality leading to higher thermal losses and lower temperatures.

[www.passivehouse.com](http://www.passivehouse.com) Passive House Institute Page 1/1

Passive House Institute  
Dr. Wolfgang Feist  
64283 Darmstadt  
GERMANY

**Passive House Efficiency Class**

phA  
advanced component

phB  
basic component

phC  
certifiable component

not suitable for Passive Houses

**CERTIFIED COMPONENT**  
Passive House Institute

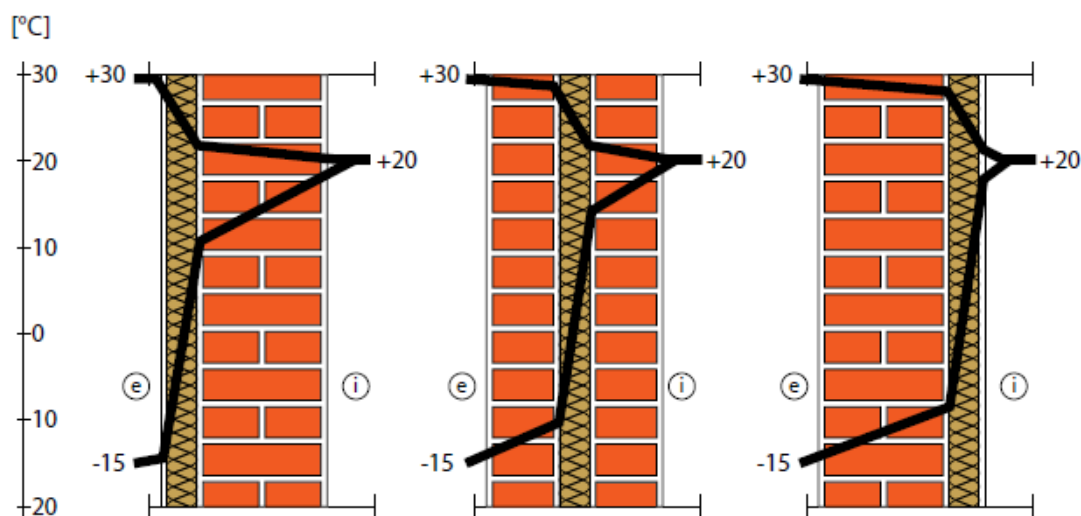
Slika 19. Certifikat Passivhaus Instituta

## 7. IZOLACIJA ZIDOVA

Prednost primjene toplinske izolacije s vanjske strane zidova:

- sporiji gubitak topline po prestanku grijanja zbog kvalitetnije akumulacije topline, odnosno mogućnost duljeg održavanja unutarnje temperature bez dodatne potrošnje toplinske energije za grijanje
- povoljan položaj toplinske izolacije i u ljetnom i u zimskom periodu.

Naime, položaj toplinske izolacije s vanjske strane, slika 20, u zimskom periodu sprečava smrzavanje unutar strukture vanjskog zida, čime se znatno produljuje vijek samog građevnog dijela (objekta). U ljetnom periodu sprečava se pretjerano zagrijavanje građevnog dijela, čime se ujedno sprečava snažniji prodor topline (toplinskog toka) u unutarnje prostorije, poglavito u noćnom periodu [12].



**Slika 20.** Položaj izolacije

Knauf Insulation lamele za kontaktne fasade (ETICS sustave) FKL, slika 21, su odličan izbor pri izvedbi fasada novih zgrada, a poglavito onih čiji su vanjski zidovi izvedeni od armiranog betona. Kao i kod ploča PTP 035<sup>15</sup>, i izolacija vanjskog zida lamelama FKL osigurava zdravu i ugodnu mikroklimu unutarnjih prostora i osjetno smanjuje količinu potrebne energije za grijanje i hlađenje objekta [12].

<sup>15</sup> Ploča PTP 035 - ploče kamene vune Knauf Insulation



Slika 21. *Lamele FKL*

Osnovne prednosti lamela kamene vune FKL su vrlo visoka vrijednost otpora raslojavanju te izvanredna prionljivost za podlogu, u prvom redu radi zahtjeva za punoplošnim lijepljenjem te kvalitetne penetracije sloja ljepila u vlaknastu strukturu proizvoda. Radi takvog kvalitetnog spoja nema potrebe za dodatnim korištenjem mehaničkih spojnika (tipli), čime se izbjegava zahtjevno bušenje i postava brojnih tipli u čvrste armirano-betonske podloge [12].



Slika 22. *Lamele na kući*

Lamele kamene vune našle su široku primjenu prilikom izolacije zaobljenih dijelova, u prvom redu zbog svojstva visoke elastičnosti kao i mogućnosti praćenja zakrivljenosti zidova.

Lamele su dimenzija 1200 x 200 mm, a proizvode se u debljinama od 40 do 300 milimetara, tablica 4. Na lamele se zidarskim ili za to posebno dizajniranim i prilagođenim alatom (gleterom) nanosi sloj ljepila i to punoplošno po čitavoj površini lamela [12].

**Tablica 4.** *Debljine lamena FKL*

<b>KNAUF INSULATION lamele FKL</b>			
Dimenzije i program isporuke za KNAUF INSULATION lamele FKL			
Debljina (mm)	Širina (mm)	Duljina (mm)	m <sup>2</sup> /paket
40	200	1200	4,80
50	200	1200	3,84
60	200	1200	2,88
80	200	1200	2,40
100	200	1200	1,92
120	200	1200	1,44
140	200	1200	0,96
160	200	1200	0,96
200	200	1200	0,96
300	200	1200	

Tehnički podaci	Simbol	Vrijednost	Norme i propisi
Deklarirani koeficijent toplinske provodljivosti	$\lambda_D$	0,042 W/mK	HRN EN 12 667
Klasa negorivosti	-	Najviša A1	HRN EN 13 501-1
Otpor difuziji vodene pare	$\mu$	1	HRN EN 12 086
Ključ za obilježavanje	-	MW-HRN EN 13162-T5-DS(TH)-CS(10)40-TR80-WL(P)	HRN EN 13 162
Potvrda o sukladnosti		1/05-ZGP-470	IGH

## 8. IDEJNI PROJEKT PASIVNE KUĆE

Idejni projekt pasivne kuće je preuzet iz završnog rada Kristine Turk, bacc. ing. evol. sust., te su daljnji termodinamički proračuni izrađeni na temelju njezinih nacрта pasivne kuće [13].

Investitor<sup>16</sup> je mladi bračni par s dvoje djece tinejdžera. Potrebno je projektirati obiteljsku kuću, uzimajući u obzir godine, profesije i hobije budućih ukućana. Kuća treba biti smještena u okviru 170 m<sup>2</sup>, s velikim dvorištem i garažom. Unutar prostora treba omogućiti najbolju moguću komunikaciju među prostorijama.

Specifični zahtjevi investitora:

- pasivna kuća
- maksimalne dimenzije objekta 16 x 11 m
- da oblik građevine ne bude uobičajenog kvadratnog oblika
- prizemlje + kat
- zimski vrt
- terasa na katu

### 8.1. Funkcija, konstrukcija, estetika

Prilikom projektiranja arhitekt treba razmišljati o funkciji, konstrukciji i estetici. Funkcionalno organiziran životni prostor olakšat će njegovo korištenje i boravak u njemu učiniti ugodnijim.

Ulaz u kuću dovoljno je velik i vratima odvojen od ostalog stambenog dijela zbog unošenja prašine, izolacije od vanjske buke i atmosferilija. Odmah kraj ulaza smještene su stepenice te smo time smanjili put na kat kuće. Dnevni boravak i blagovaonica međusobno su povezani, a kuhinja je odvojena kliznim vratima kako bi se smanjilo širenje mirisa. WC je također odvojen međuprostorom iz istog razloga. U prizemlju je projektirana i gostinjska soba s vlastitom kupaonicom, a ona ujedno može biti i soba za bolesnika koji se ne može kretati na kat kuće. Spavaći dio odvojen je od komunikacijskih prostorija i smješten na katu te je time postignuto da članovi kuće imaju svoj mir i intimu. Na katu je smještena roditeljska spavaća soba s vlastitom kupaonicom, dok je za djecu projektirana posebna kupaonica. Dječje su sobe smještene

---

<sup>16</sup>Investitor – pravna ili fizička osoba u čije se ime gradi građevina.



tako da imaju izlaz na terasu, kako bi djeca mogla provoditi vrijeme na svježem zraku. Za pasivne kuće prihvatljiva je većina građevnih tehnologija, stoga su masivni zidovi građeni od armiranoga betona debljine 25 cm, a pregradni zidovi od gipskartonskih ploča. Plašt zgrade dobro je izoliran toplinskom izolacijom od 20 cm i zrakonepropustan, a prozori su troslojno ostakljeni. Za smanjenje toplinskih gubitaka vrlo je važno da je vanjskih površina, s obzirom na volumen građevine, što manje. Stoga je odabran tloctni oblik elipse, s izbočenim zimskim vrtom i vjetrobranom. Njima ne gubimo na toplini jer oni nisu toplinski izolirani. Kako je kuća neobičnog oblika, projektiran je ravan krov od lima pod nagibom od  $5,5^\circ$  s padom prema sjevernoj strani. U tablicama 5, 6, 7 dane su dimenzije pojedinih prostora, a u tablici 8 prikazani su ulazni podaci za proračun. [13].

**Tablica 5.** *Površine prizemnih prostorija*

PROSTORIJA	POVRŠINA (m <sup>2</sup> )
Izba	3,40
Kuhinja	14,10
WC	2,5
Gostinjska soba	12,20
Kupaonica	5,10
Dnevni boravak + blagavaonica	64,90
Zimski vrt	14,50
Vjetrobran	7,10
<b>Ukupna neto površina prizemlja</b>	<b>123,80</b>

**Tablica 6.** *Površina prostorija na katu*

PROSTORIJA	POVRŠINA (m <sup>2</sup> )
Spavaća soba	15,40
Kupaonica	9,60
Kupaonica (dječja soba)	4,60
Hodnik	31,70
Dječja soba 1	14,70
Dječja soba 2	12,90
<b>Ukupna neto površina kata</b>	<b>88,90</b>

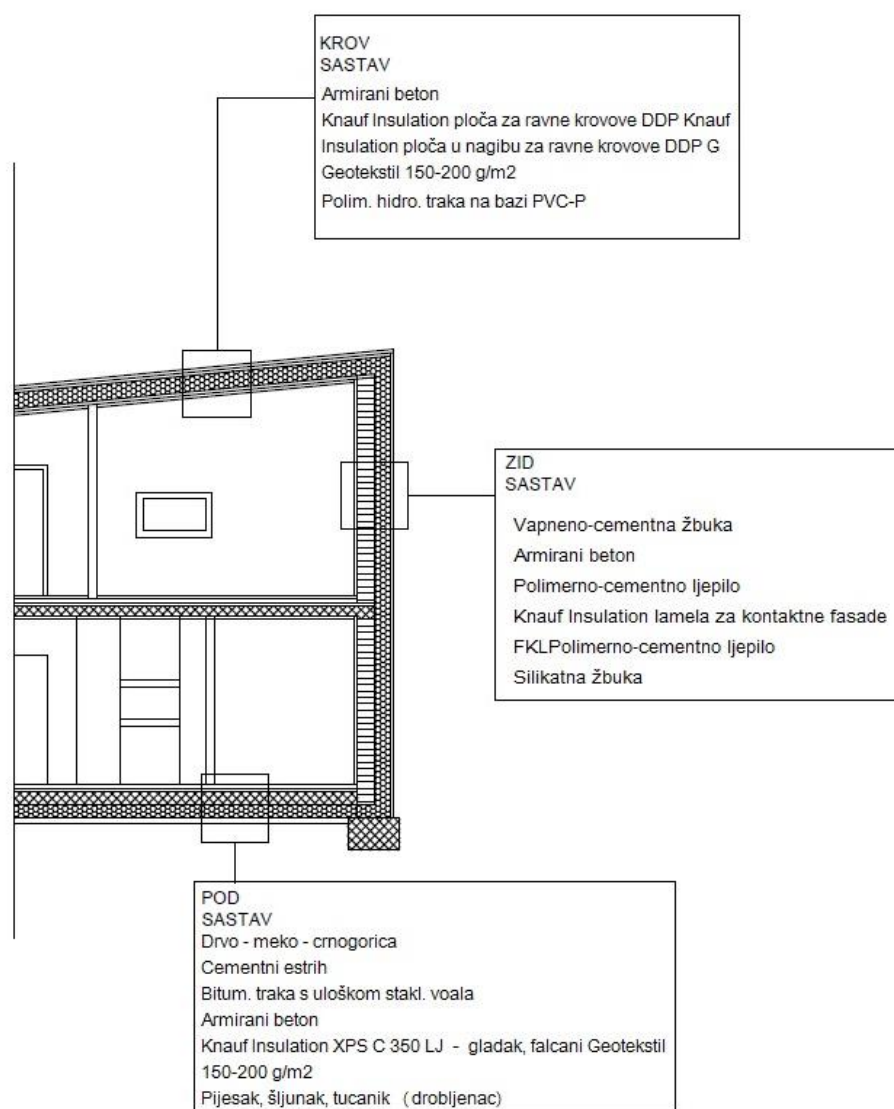


**Tablica 7.** *Ukupne površine i volumen*

Ukupna neto površina kuće	212,70 m <sup>2</sup>
Ukupna bruto površina kuće	272,51 m <sup>2</sup>
Ukupni volumen kuće	900,94 m <sup>3</sup>

**Tablica 8.** *Ulazni podaci proračuna*

	SASTAV
Zidovi	Vapneno-cementna žbuka ( d=2,00 cm) Armirani beton (d=25,00 cm) Polimerno-cementno ljepilo (d=0,50 cm) Knauf Insulation lamela za kontaktne fasade FKL (d=20,00 cm) Polimerno-cementno ljepilo (d=0,50 cm) Silikatna žbuka (d=0,20 cm)
Podovi	Drvo - meko - crnogorica (d=2,20 cm) Cementni estrih (d=6,00 cm) Bitum. traka s uloškom stakl. voala (d=1,00 cm) Armirani beton (d=10,00 cm) Knauf Insulation XPS C 350 LJ – gladak, falcani (d=12,00 cm) Geotekstil 150-200 g/m2 (d=0,02 cm) Pijesak, šljunak, tucanik (drobljenac) (d=30,00 cm)
Krov	Armirani beton (d=15,00 cm) Knauf Insulation ploča za ravne krovove DDP (d=20,00 cm) Knauf Insulation ploča u nagibu za ravne krovove DDP G (d=5,00 cm) Geotekstil 150-200 g/m2 (d=0,020 cm) Polim. hidro. traka na bazi PVC-P (d=0,020 cm)
Prozori Balkonska vrata Plast staklenika	Trostruko izolirajuće staklo s dva stakla niske emisije (dvije Low-E obloge) ( Uw=0,63, Ug=0,60)



Slika 24. Sastav konstrukcije

Tablica 9. Prikaz odnosa površina prozori – pročelja predviđenih idejnim projektom

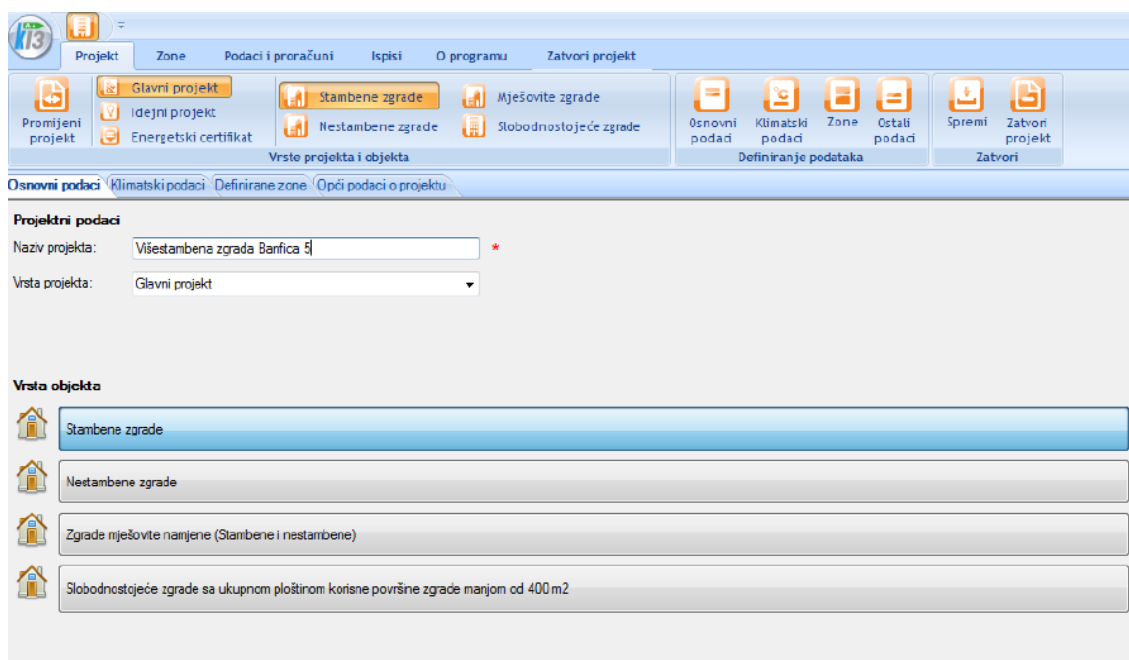
	Sjever	Jug	Istok	Zapad
Pročelje m <sup>2</sup>	99,94 m <sup>2</sup>	53,71 m <sup>2</sup>	58,28 m <sup>2</sup>	30,62 m <sup>2</sup>
Prozori m <sup>2</sup>	4,17 m <sup>2</sup>	27,08 m <sup>2</sup>	22,52 m <sup>2</sup>	1,03 m <sup>2</sup>
Udio prozora na pročelju	4 %	51 %	38 %	3 %

## 9. PRORAČUN

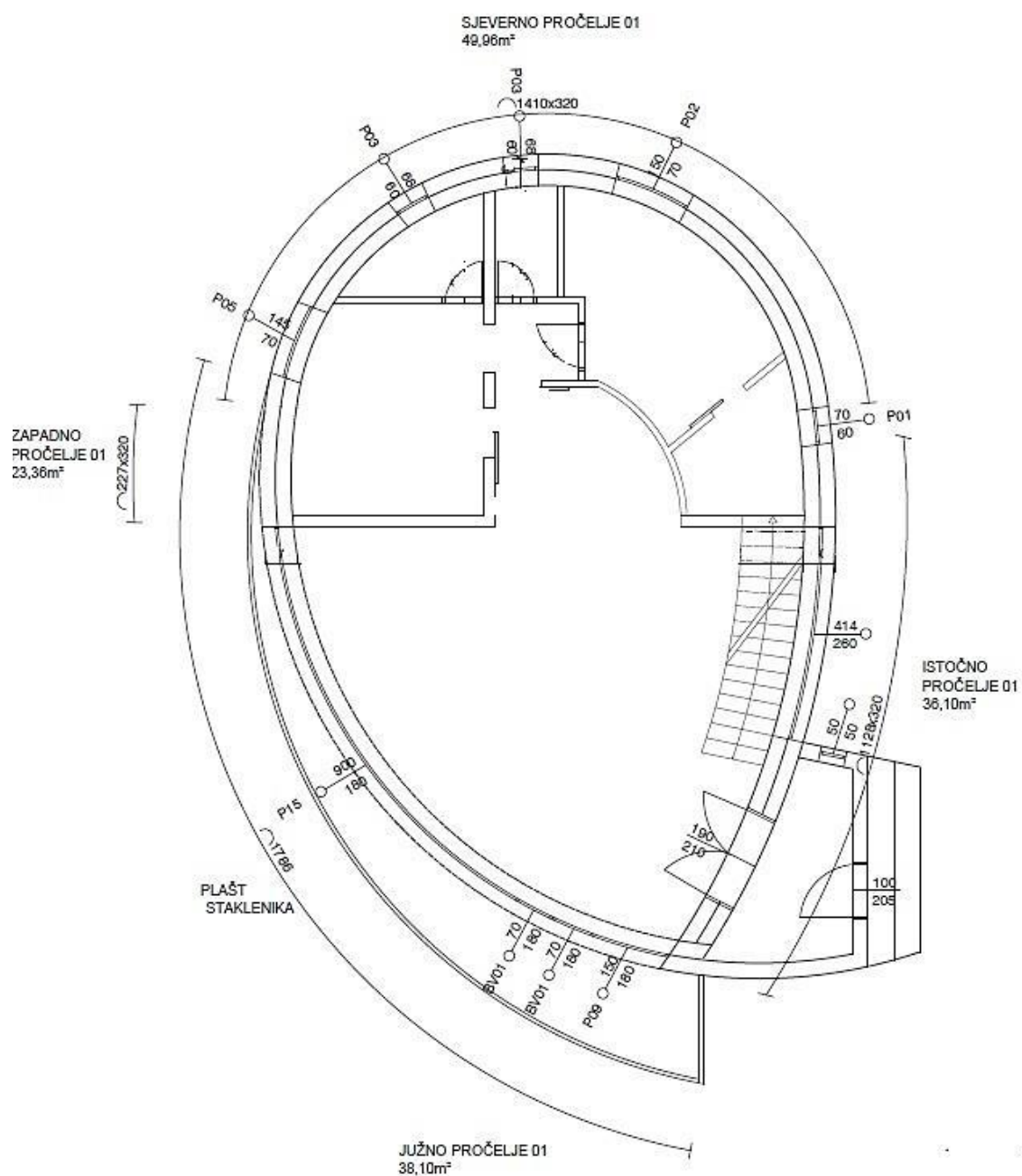
Analiza termodinamičkog proračuna niskoenergetski koncipirane obiteljske kuće izvršena je u računalnom programu *KI-EXPERT* tvrtke *Knauf Insulation d.o.o.*, slika 25. Računalni program *KI Expert 2013* ujedno predstavlja i alat za proračun i izradu energetskih certifikata u Hrvatskoj, te ga kao takvog koriste brojni ovlašteni energetski certifikatori. Program je izrađen u skladu s najnovijom regulativom po pitanju proračuna toplinske zaštite i racionalne uporabe energije, prihvaćenim i harmoniziranim europskim normama, te službenim algoritmom donesenim od strane Ministarstva graditeljstva i prostornog uređenja.

Sam proračun koncipiran je na način da se posebno napravio proračun za cijelu kuću, a zatim za svaki kat zasebno, te se odredio energetski razred za sva tri proračuna. Takvom načinu pristupilo se da se vide odnosi s obzirom na staklene površine, pročelja, toplinske dobitke/gubitke i utjecaj staklenika na sam proračun.

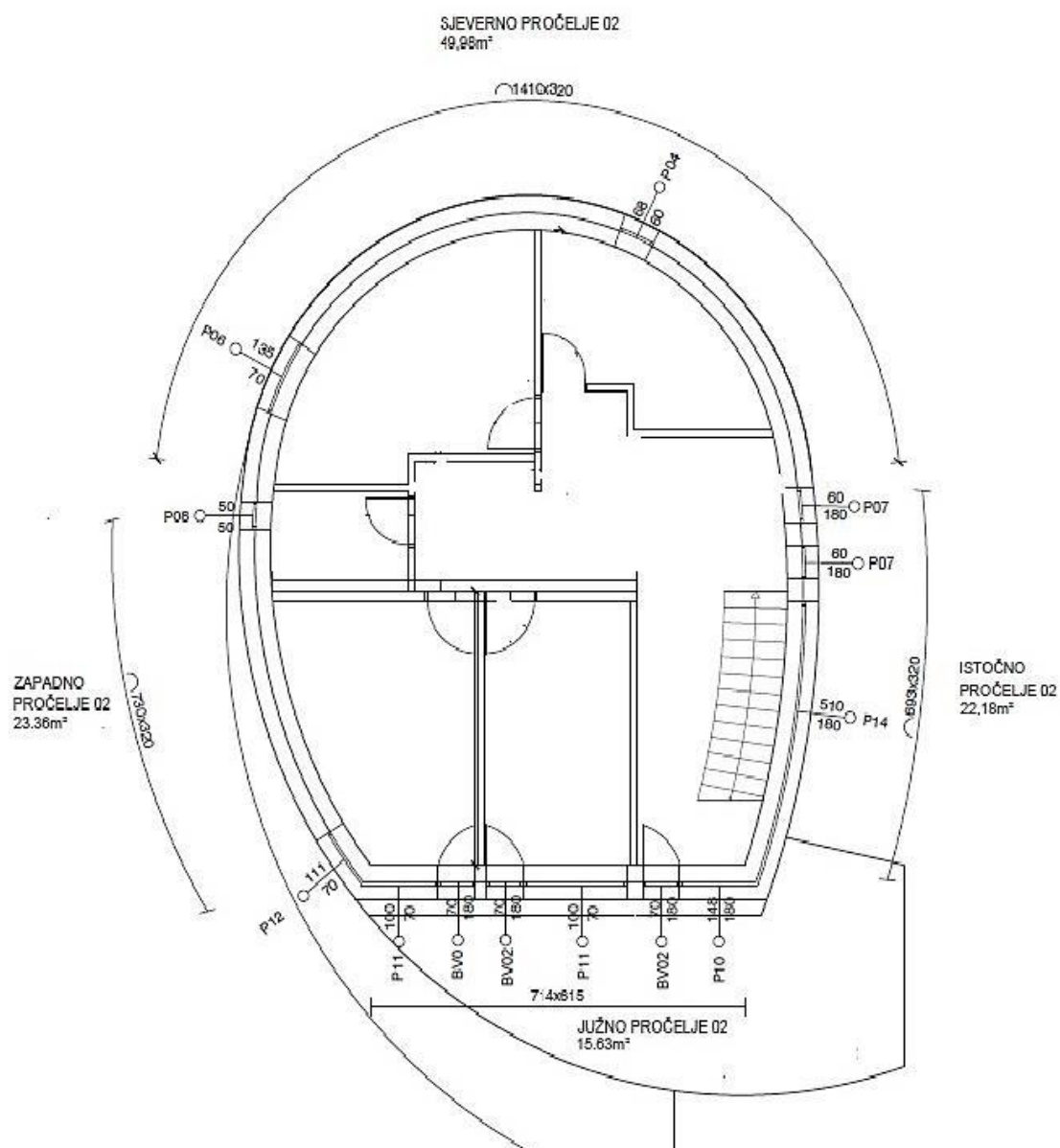
Na slikama 26. i 27. prikazane su kote pojedinih zidova, površine pročelja te su označeni otvori na zgradi prema proračunu.



**Slika 25.** Računalni program *KI EXPERT*



**Slika 26.** *Tlocrt prizemlja*



**Slika 27.** *Tlocrt kata*

## 9.1. Tehnički opis

U tehničkom dijelu proračuna vrlo je važno smjestiti zgradu u klimatsku zonu, te definirati "Zone" u samoj zgradi.

### 9.1.1. Klimatska zona

Predmetna građevina se nalazi u 2. zoni globalnog Sunčevog zračenja sa srednjom mjesečnom temperaturom vanjskog zraka najhladnijeg mjeseca na lokaciji zgrade  $\Theta_{e,mj,min} \leq 3^{\circ}\text{C}$  i unutarnjom temperaturom  $\Theta_i \geq 18^{\circ}\text{C}$ . Unutarnja projektna temperatura grijanja je  $20,00^{\circ}\text{C}$ . U proračunu su korišteni stvarni klimatski podaci koji su dobiveni statističkom obradom prema meteorološkoj postaji najbližoj lokaciji. Osim stvarnih još se koriste i referentni klimatski podaci koji su skup odabranih klimatskih parametara karakterističnih za neko geografsko područje, tablica 10.

Klimatološki podaci lokacije objekta:

- Lokacija: Kontinentalna Hrvatska
- Referentna postaja: Varaždin

**Tablica 10.** Podaci za referentnu postaju

	I	II	II	I	V	V	V	V	I	X	X	X	Go
	<b>Temperature zraka ( ° C)</b>												
m	0,	2,	6,	1	1	1	2	2	1	10	6	0,	10,
m	-	-	-	0	5,	9,	1	1	6,	-	-	-	-
m	13	14	16	2	2	2	2	2	2	21	1	13	29,
	<b>Tlak vodene pare (Pa)</b>												
m	50	56	68	8	1	1	1	1	1	10	7	57	10
	<b>Relativna vlažnost zraka (%)</b>												
m	83	75	71	6	6	6	7	7	7	81	8	86	76
	<b>Brzina vjetra (m/s)</b>												
m	2	2,	2,	2	2,	2,	1,	1,	1,	1,	2	2,	2

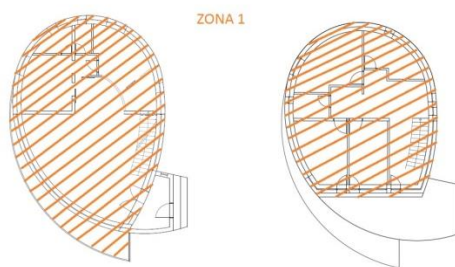
### 9.1.2. Definiranje zone

Podjela zgrade u zone je nužna zbog ispravnog proračuna potrebne toplinske energije za grijanje i hlađenje zgrade, kao i određivanja potrebnog učina sustava grijanja i hlađenja.

Prostori unutar zgrade pripadaju istoj toplinskoj zoni ako:

- Unutar nje se projektna temperatura grijanja prostora ne razlikuje za više od  $4^{\circ}\text{K}$
- su svi prostori hlađeni, ili se projektna temperatura hlađenja ne razlikuje za više od  $4^{\circ}\text{K}$
- su svi prostori grijani istim sustavom grijanja i istim sustavom hlađenja
- postoji sustav ventilacije, najmanje 80% tlocrtne površine je opsluženo istim sustavom ventilacije (u tom se slučaju smatra da sustav ventilacije indirektno opslužuje i ostale prostore) – ovo je pravilo uvedeno da se izbjegne odvajanje malih prostora kao što su hodnici ili spremišta s odvojenim sustavima ventilacije u posebne zone
- se broj izmjena zraka unutar 80% tlocrtne površine ne razlikuje za više od četiri puta, ili je vjerojatno da će vrata između pojedinačnih prostora često biti otvorena (npr. u dijelu prostora sustav ventilacije osigurava 0,5 izmjena zraka na sat, te 2 izmjene zraka na sat u drugom dijelu prostora – oba prostora mogu biti dio iste toplinske zone; ili kod veće razlike u broju izmjena zraka, ako se pretpostavlja da će vrata između prostora često biti otvorena, oba prostora mogu opet biti dio iste toplinske zone)

Prema nacrtima zgrade Kristine Turk, sve prostore unutar zgrade možemo smjestiti u jednu zonu "Zona 1", slika 28.



**Slika 28.** Zona 1 - proračun cijele kuće = prizemlje + kat

## 9.2. Proračun i ocjena fizikalnih svojstava zgrade u odnosu na racionalnu uporabu energije i toplinsku zaštitu

Geometrijske karakteristike zgrade su oplošje grijanog dijela zgrade, obujam grijanog dijela zgrade i obujam grijanog zraka, faktor oblika zgrade, ploština korisne površine, te ukupne ploštine pročelja i prozora. Geometrijske karakteristike zgrade dani su u tablici 11.

**Tablica 11.** *Geometrijska karakteristika cijele zgrade*

Potrebni podaci	Zona 1
Oplošje grijanog dijela zgrade – $A$ [ $m^2$ ]	607,19
Obujam grijanog dijela zgrade – $V_e$ [ $m^3$ ]	900,94
Obujam grijanog zraka – $V$ [ $m^3$ ]	684,71
Faktor oblika zgrade - $f_0$ [ $m^{-1}$ ]	0,67
Ploština korisne površine – $A_K$ [ $m^2$ ]	212,70
Ukupna ploština pročelja – $A_{uk}$ [ $m^2$ ]	412,10
Ukupna ploština prozora – $A_{wuk}$ [ $m^2$ ]	55,60

U proračunskom programu KI EXPERT definirani su građevinski dijelovi zgrade i to na način da su posebno definirani vanjski zidovi (prizemlje i kat), pod i ravni krov. Podaci za proračun dani su u tablici 12.

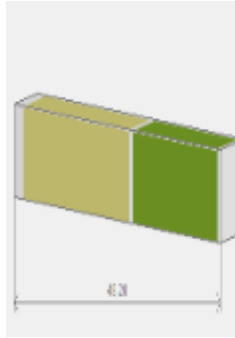
**Tablica 12.** *Građevni dijelovi zgrade*

Naziv građevnog dijela	$A[m^2]$	$U[W/m^2K]$	$U_{max}[W/m^2K]$
Vanjski zidovi prizemlje	131,40	0,19	0,30
Vanjski zidovi kat	111,15	0,19	0,30
Pod	137,94	0,27	0,30
Ravni krov	113,95	0,15	0,25

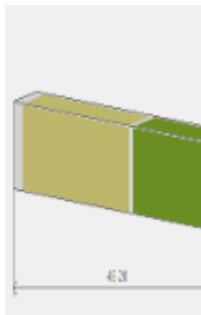
U tablicama 13, 14, 15 prikazan opći podaci o određenom građevinskom dijelu.



**Tablica 13.** Vanjski zidovi 1 - Vanjski zidovi prizemlje

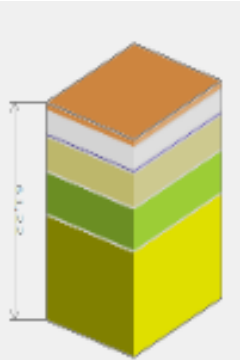
OPĆI PODACI O GRAĐEVNOM DIJELU										
		A <sub>gd</sub>	A <sub>I</sub>	A <sub>Z</sub>	A <sub>S</sub>	A <sub>J</sub>	A <sub>SI</sub>	A <sub>SZ</sub>	A <sub>JI</sub>	A <sub>JZ</sub>
		131,40	36,10	7,26	49,96	38,08	0,00	0,00	0,00	0,00
		Toplinska zaštita:			U [W/m <sup>2</sup> K] = 0,19 ≤ 0,30			ZADOVOLJAVA		
		Površinska vlažnost: (Rizik okruženja s plijesni φ <sub>si</sub> ≤ 0,8)			fR <sub>si</sub> = 0,77 ≤ 0,95			ZADOVOLJAVA		
		Unutarnja kondenzacija:			ΣM <sub>a,god</sub> = 0,00			ZADOVOLJAVA		
		Dinamičke karakteristike:			698,10 ≥ 100 kg/m <sup>2</sup> U = 0,19 ≤ 0,30			ZADOVOLJAVA		
	Slojevi građevnog dijela u				d[cm]	ρ[kg/m <sup>3</sup> ]	λ[W/mK]		R[m <sup>2</sup> ]	
1	3.03 Vapneno-cementna žbuka				2,000	1800,00	1,000		0,020	
2	2.01 Armirani beton				25,00	2500,00	2,600		0,096	
3	Polimerno-cementno ljepilo				0,500	1650,00	0,900		0,010	
4	Knauf Insulation lamela za				20,00	85,00	0,040		5,000	
5	Polimerno-cementno ljepilo				0,500	1650,00	0,900		0,010	
6	3.16 Silikatna žbuka				0,200	1800,00	0,900		0,010	
									R <sub>si</sub> = 0,130	
									R <sub>se</sub> = 0,04	
									R <sub>T</sub> = 5,316	
U pogledu toplinske zaštite, građevni dio s U [W/m <sup>2</sup> K] = 0,19					U = 0,19 ≤ U <sub>max</sub> = 0,30		ZADOVOLJAVA			
Plošna masa građevnog dijela 698,10 [kg/m2]					698,10 ≥ 100 kg/m <sup>2</sup> U = 0,19 ≤ 0,30		ZADOVOLJAVA			
Ocjena opasnosti od kondenzacije na okvirima otvora koji se nalaze na ovom građevnom dijelu										
Naziv otvora				fR <sub>si</sub>	fR <sub>si,max</sub>	Θ <sub>min</sub>	OK			
Prozor 01 – 70/60				0,92	0,77	-9,3	ZADOVOLJAVA			
Prozor 02 – 150/70				0,92	0,77	-9,3	ZADOVOLJAVA			
Prozor 03 – 60/68				0,92	0,77	-9,3	ZADOVOLJAVA			
Prozor 09 – 150/180				0,92	0,77	-9,3	ZADOVOLJAVA			
Prozor 13 – 414/260				0,92	0,77	-9,3	ZADOVOLJAVA			
Prozor 15 – 900/180				0,92	0,77	-9,3	ZADOVOLJAVA			
Balkonska vrata 01 – 70/180				0,92	0,77	-9,3	ZADOVOLJAVA			

**Tablica 14.** Vanjski zidovi 1 - Vanjski zidovi kat

OPĆI PODACI O GRADEVNOM DIJELU									
	$A_{gd}[m^2]$	$A_I$	$A_Z$	$A_S$	$A_J$	$A_{SI}$	$A_{SZ}$	$A_{JI}$	$A_{JZ}$
	111,15	22,18	23,36	49,98	15,63	0,00	0,00	0,00	0,00
	Toplinska zaštita:			$U [W/m^2 K] = 0,19 \leq 0,30$			ZADOVOLJAVA		
	Površinska vlažnost: (Rizik okruženja s plijesni $\varphi_{si} \leq 0,8$ )			$fR_{si} = 0,77 \leq 0,95$			ZADOVOLJAVA		
	Unutarnja kondenzacija:			$\Sigma M_{a,god} = 0,00$			ZADOVOLJAVA		
Dinamičke karakteristike:			$698,10 \geq 100 \text{ kg/m}^2$ $U = 0,19 \leq 0,30$			ZADOVOLJAVA			
	Slojevi građevnog dijela u		$d[cm]$	$\rho[kg/m^3]$		$\lambda[W]$	$R[m^2]$		
1	3.03 Vapneno-cementna		2,00	1800,00		1,	0,020		
2	2.01 Armirani beton		25,0	2500,00		2,	0,096		
3	Polimerno-cementno ljepilo		0,50	1650,00		0,	0,010		
4	Knauf Insulation lamela za		20,0	85,00		0,	5,000		
5	Polimerno-cementno ljepilo		0,50	1650,00		0,	0,010		
6	3.16 Silikatna žbuka		0,20	1800,00		0,	0,010		
							$R_{si} = 0,130$		
							$R_{se} = 0,040$		
							$R_T = 5,316$		
U pogledu toplinske zaštite, građevni dio s $U [W/m^2 K] = 0,19$			$U = 0,19 \leq U_{max} = 0,30$			ZADOVOLJAVA			
Plošna masa građevnog dijela <b>698,10 [kg/m2]</b>			$698,10 \geq 100 \text{ kg/m}^2$ $U = 0,19 \leq 0,30$			ZADOVOLJAVA			
Ocjena opasnosti od kondenzacije na okvirima otvora koji se nalaze na ovom građevnom dijelu									
Naziv otvora			$fR_{si}$	$fR_{si},$	$\Theta$	OK			
Prozor 04 – 60/68			0,92	0,77	-9,3	ZADOVOLJAVA			
Prozor 05 – 145/70			0,92	0,77	-9,3	ZADOVOLJAVA			
Prozor 06 – 135/70			0,92	0,77	-9,3	ZADOVOLJAVA			
Prozor 07 – 60/180			0,92	0,77	-9,3	ZADOVOLJAVA			
Prozor 08 – 50/50			0,92	0,77	-9,3	ZADOVOLJAVA			
Prozor 10 – 150/180			0,92	0,77	-9,3	ZADOVOLJAVA			
Prozor 11 – 100/70			0,92	0,77	-9,3	ZADOVOLJAVA			
Prozor 12 – 111/70			0,92	0,77	-9,3	ZADOVOLJAVA			
Prozor 14 – 510/180			0,92	0,77	-9,3	ZADOVOLJAVA			
Balkonska vrata 02 – 70/180			0,92	0,77	-9,3	ZADOVOLJAVA			

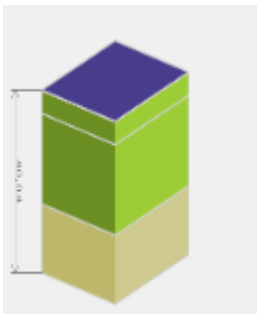
U tablici 15. prikazani su podaci za pod koji je jednak u proračunu za cijelu zgradu i za prizemlje. Pod u proračunu za kat se jedino razlikuje u površini koja iznosi 113,95 m<sup>2</sup>.

**Tablica 15.** Podovi na tlu 1 – Pod

OPĆI PODACI O GRAĐEVNOM DIJELU									
	<b>A<sub>gd</sub>[m<sup>2</sup>]</b>	<b>A<sub>I</sub></b>	<b>A<sub>Z</sub></b>	<b>A<sub>S</sub></b>	<b>A<sub>J</sub></b>	<b>A<sub>SI</sub></b>	<b>A<sub>SZ</sub></b>	<b>A<sub>JII</sub></b>	<b>A<sub>JZ</sub></b>
	137,94	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	<b>Toplinska zaštita:</b>			U [W/m <sup>2</sup> K] = 0,27 ≤ 0,30			ZADOVOLJAVA		
	<b>Površinska vlažnost:</b> (Rizik okruženja s plijesni φ <sub>si</sub> ≤ 0,8)			fR <sub>si</sub> = 0,84 ≤ 0,93			ZADOVOLJAVA		
<b>Slojevi građevnog dijela u smjeru toplinskog toka</b>				<b>d[cm]</b>	<b>ρ[kg/m<sup>3</sup>]</b>		<b>λ[W/mK]</b>	<b>R[m<sup>2</sup> K/W]</b>	
1	4.05 Drvo - meko - crnogorica			2,200	500,00		0,130	0,16	
2	3.19 Cementni estrih			6,000	2000,00		1,600	0,03	
3	5.01 Bitum. traka s uloškom stakl.			1,000	1100,00		0,230	0,04	
4	2.01 Armirani beton			10,00	2500,00		2,600	0,03	
5	Knauf Insulation XPS C 350 LJ – gladak, falcani (deb; 70-120 mm)			12,000	35,00		0,037	3,243	
6	Geotekstil 150-200 g/m2			0,020	900,00		0,200	-	
7	6.04 Pijesak, šljunak, tucanik (drobljenac)			30,000	1700,00		0,810	-	
							R <sub>si</sub> = 0,170		
							R <sub>se</sub> = 0,000		
							R <sub>T</sub> = 3,702		
U pogledu toplinske zaštite, građevni dio s U [W/m <sup>2</sup> K] = 0,27				U = 0,27 ≤ U <sub>max</sub> = 0,30			ZADOVOLJAVA		

U općim podacima o ravnom krovu iznad grijanog prostora, površina za cijelu kući i kat je jednaka, a površina u proračunu samo prizemlja iznosi 137,94 m<sup>2</sup>, tablica 16. Ostali podaci u tablici su jednaki.

**Tablica 16.** Ravni krovovi iznad grijanog prostora 1 - Ravni krov

OPĆI PODACI O GRAĐEVNOM DIJELU									
	<b>A<sub>gd</sub>[m<sup>2</sup>]</b>	<b>A<sub>I</sub></b>	<b>A<sub>Z</sub></b>	<b>A<sub>S</sub></b>	<b>A<sub>J</sub></b>	<b>A<sub>SI</sub></b>	<b>A<sub>SZ</sub></b>	<b>A<sub>JI</sub></b>	<b>A<sub>JZ</sub></b>
	113,95	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	<b>Toplinska zaštita:</b>			U [W/m <sup>2</sup> K] = 0,15 ≤ 0,25			ZADOVOLJAVA		
	<b>Površinska vlažnost:</b> (Rizik okruženja s plijesni φ <sub>si</sub> ≤ 0,8)			fR <sub>si</sub> = 0,77 ≤ 0,96			ZADOVOLJAVA		
	<b>Unutarnja kondenzacija:</b>			ΣM <sub>a,god</sub> = 0,00			ZADOVOLJAVA		
<b>Dinamičke karakteristike:</b>			412,92 ≥ 100 kg/m <sup>2</sup> U = 0,15 ≤ 0,25			ZADOVOLJAVA			
	<b>Slojevi građevnog dijela u smjeru toplinskog toka</b>			<b>d[cm]</b>	<b>ρ[kg/m<sup>3</sup>]</b>		<b>λ[W/mK]</b>	<b>R[m<sup>2</sup>K/W]</b>	
1	2.01 Armirani beton			15,000	2500,0		2,600	0,058	
2	Knauf Insulation ploča za ravne krovove DDP			20,000	150,00		0,040	5,000	
3	Knauf Insulation ploča u nagibu za ravne krovove DDP G			5,000	150,00		0,040	1,250	
4	Geotekstil 150-200 g/m2			0,020	900,00		0,200	0,010	
5	5.05 Polim. hidro. traka na bazi PVC-P			0,020	1200,00		0,140	0,010	
							R <sub>si</sub> = 0,100 R <sub>se</sub> = 0,040 <b>R<sub>T</sub> = 6,468</b>		
U pogledu toplinske zaštite, građevni dio s U [W/m <sup>2</sup> K] = 0,15				U = 0,15 ≤ U <sub>max</sub> = 0,25			ZADOVOLJAVA		
Plošna masa građevnog dijela <b>412,92 [kg/m2]</b>				412,92 ≥ 100 kg/m <sup>2</sup> U = 0,15 ≤ 0,25			ZADOVOLJAVA		

### 9.3. Proračun toplinskih mostova ( HRN EN ISO 14683)

Samo za potrebe ove analize odstupilo se od detaljnog proračuna toplinskih mostova već su uzete paušalne vrijednosti istog.

U slučaju projektiranja i izvedbe zgrade koja se karakterizira kao "pasivna ili skoro nul-energetska" (koeficijent prolaska topline manji od  $0,15 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ ), odnosno u slučajevima kada je vrijednosti  $\Psi \leq 0,01 \text{ W/mK}$ , tada se može umjesto točnog proračuna, utjecaj toplinskih mostova uzeti u obzir povećanjem  $U$  svakog građevnog dijela oplošja grijanog dijela zgrade za  $U_{TM} = 0,01 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

### 9.4. Toplinski gubici

Koeficijent transmisije izmjene topline  $H_{Tr}$ , tablica 17, određuje se prema normi HRN EN ISO 13789 iz sljedećeg izraza [14]:

$$H_{Tr} = H_D + H_{g,avg} + H_U + H_A \quad (5)$$

gdje su:

- $H_D$  – koeficijent transmisije izmjene topline prema vanjskom okolišu [W/K]
- $H_U$  – koeficijent transmisije izmjene topline kroz negrijani/nehlađeni prostor prema vanjskom okolišu [W/K]
- $H_g$  – stacionarni koeficijent transmisije izmjene topline prema tlu [W/K]
- $H_A$  – koeficijent transmisije izmjene topline prema susjednoj zgradi [W/K]

Uključivanje grijanja: temperatura manja od  $10^\circ\text{C}$

**Tablica 17.** *Transmisijski gubici*

KOEFIČIJENT TRANSMISIJSKIH GUBITAKA HT DOBIVEN PREMA HRN EN ISO 13790	
$H_{Tr}$ - Koeficijent transmisije izmjene topline – cijela kuća	170,732 [W/K]
$H_{Tr}$ - Koeficijent transmisije izmjene topline - prizemlje	139,992 [W/K]
$H_{Tr}$ - Koeficijent transmisije izmjene topline - kat	94,147 [W/K]

U daljnjem radu prikazani su gubici provjetravanjem, tablica 18, i ukupni gubici topline, tablica 19.

**Tablica 18.** Gubici provjetravanjem

	CIJELA KUĆA	PRIZEMLJE	KAT
Provjetravanje toplinskim izmjenjivačima	$V = 684,71 \text{ [m}^3\text{]}$ $V_x = 136,94 \text{ [m}^3\text{]}$ $V_f = 0,00 \text{ [m}^3\text{]}$ $V_1 = 0,00 \text{ [m}^3\text{]}$ $V_2 = 0,00 \text{ [m}^3\text{]}$ Pločasti izmjenjivač topline, $V_f > 15.000$ , $n \geq 50\%$	$V = 377,40 \text{ [m}^3\text{]}$ $V_x = 75,48 \text{ [m}^3\text{]}$ $V_f = 0,00 \text{ [m}^3\text{]}$ $V_1 = 0,00 \text{ [m}^3\text{]}$ $V_2 = 0,00 \text{ [m}^3\text{]}$ Pločasti izmjenjivač topline, $V_f > 15.000$ , $n \geq 50\%$	$V = 307,36 \text{ [m}^3\text{]}$ $V_x = 61,47 \text{ [m}^3\text{]}$ $V_f = 0,00 \text{ [m}^3\text{]}$ $V_1 = 0,00 \text{ [m}^3\text{]}$ $V_2 = 0,00 \text{ [m}^3\text{]}$ Pločasti izmjenjivač topline, $V_f > 15.000$ , $n \geq 50\%$
Koef. gubitka topline provjetravanjem	$H_v = 45,19 \text{ [W/K]}$	$H_v = 24,91 \text{ [W/K]}$	$H_v = 20,29 \text{ [W/K]}$

**Tablica 19.** Ukupni gubici topline

UKUPNI GUBICI TOPLINE	CIJELA KUĆA	PRIZEMLJE	KAT
Ukupni koeficijent toplinskog gubitka, $H \text{ [W/K]}$	$H = 215,92 \text{ [W/K]}$	$H = 164,90 \text{ [W/K]}$	$H = 114,44 \text{ [W/K]}$
Način grijanja - Stalno grijanje	$\theta_{\text{int,set,H}} = 20,00 \text{ [}^\circ\text{C]}$	$\theta_{\text{int,set,H}} = 20,00 \text{ [}^\circ\text{C]}$	$\theta_{\text{int,set,H}} = 20,00 \text{ [}^\circ\text{C]}$
GODIŠNJE	TOPLINSKI GUBICI [MJ]	TOPLINSKI GUBICI [KWH]	
Cijela kuća	62681,09	17411,41	
Prizemlje	47870,41	13297,34	
Kat	33220,61	9227,95	

## 9.5. Toplinski dobici

Proračun toplinski dobitaka podijeljeni je na nekoliko cjelina. Posebno se proračunavaju solarni dobici i unutarnji dobici, te se analizom dobivaju ukupni toplinski dobici.

### 9.5.1. Solarni dobici

Solarni dobici topline se računaju za definirane otvore u projektu. Otvori su prikazani u prilogu. U proračunu solarnih dobitaka, utjecaj definiranih zaslona se uzima u obzir za mjesece: svibanj, lipanj, srpanj, kolovoz, rujan.

Solarni toplinski dobici za promatrani vremenski period  $t(h)$  [14]:

$$Q_{sol} = [\sum_k \Phi_{sol,mn,k}] \times t + [\sum_l (1 - b_{tr,l}) \times \Phi_{sol,mn,l}] \times t \quad [Wh] \quad (6)$$

gdje su:

- $\Phi_{sol,mn,k}$  – srednji toplinski tok od sunčeva izvora kroz k-ti građevni dio u grijani prostor [W]
- $\Phi_{sol,mn,u,l}$  – srednji toplinski tok od sunčeva izvora kroz l-ti građevni dio u susjedni negrijani prostor [W]
- $b_{tr,l}$  – faktor smanjenja za susjedni negrijani prostor s unutarnjim toplinskim izvorom l prema HRN EN ISO 13789

Kod prozirnih površina uzima se u račun mjera zasjenjena od unutarnjeg pomičnog zasjenjenja (koeficijent umanjenja naprave za zaštitu od sunčeva zračenja (FC) koji za žaluzine, lamele koje se mogu okretati sa vanjske strane, otraga provjetravane iznosi 0,25)

Osim solarnih dobitaka kroz otvore, u proračun uzeti su i solarni dobici kroz staklenik (tzv. zimski vrt). Solarni dobici kroz staklenik odnose samo na proračun za cijelu kuću i proračun za prizemlje. Za proračun solarnih dobitaka preko staklenika treba definirati građevni dio na kojem se nalazi staklenik, tablica 20, plašt staklenika, tablica 21, te otvore prema stakleniku, tablica 22.

**Tablica 20.** Definirani građevni dijelovi prema stakleniku

Naziv	Orijentacija	Nagib	$A_p$ [m <sup>2</sup> ]	$\alpha_p$	$U_p$	$H_p$	$H_{p,e}$
Vanjski zidovi prizemlje	Jug	90	38,08	0,40	0,19	7,16	20,66

**Tablica 21.** Otvori u plaštu staklenika

Naziv	Orijentacija	Nagib	$F_{sh,e}$	$F_{F,e}$	$g_e$	n
Plašt staklenika – 1786/320	Jug	90	1,00	0,20	0,45	1

**Tablica 22.** Otvori prema stakleniku

Naziv	Orijentacija	Nagib	$F_{F,w}$	$A_w$	$U_w$	$g_w$	n
Prozor 09 – 150/180	Jug	90	0,20	2,70	0,63	0,45	1
Prozor 10 – 150/180	Jug	90	0,20	1,20	0,63	0,45	1
Prozor 11 – 100/70	Jug	90	0,20	0,70	0,63	0,45	2
Prozor 15 – 900/180	Jug	90	0,20	16,20	0,63	0,45	1
Balkonska vrata 01	Jug	90	0,20	1,26	0,63	0,45	2
Balkonska vrata 02	Jug	90	0,20	1,26	0,63	0,45	3

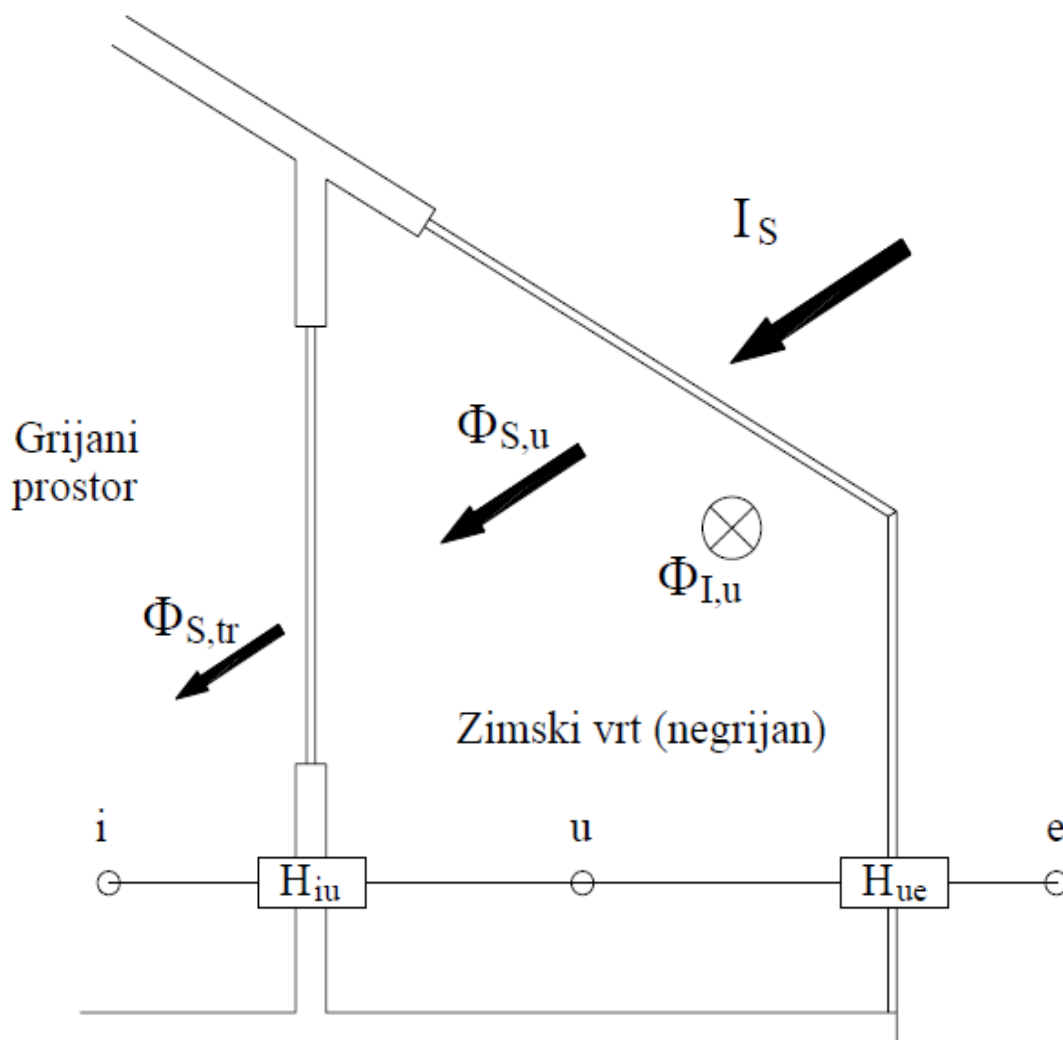
Solarni dobici grijanog prostora, tablica 23, kroz staklenik, slika 29, računaju se iz sljedećeg izraza, DIN V 18599-2 (pojednostavljena metoda prema HRN EN ISO 13790) [14]:

$$Q_{S,tr} = F_{sh,ob} \times (1 - F_{F,iu}) \times g_{eff,iu} \times A_{iu} \times (1 - F_{F,ue}) \times g_{eff,ue} \times I_S \times t \text{ [kWh]} \quad (7)$$

- $Q_{S,tr}$  - solarni dobici grijanog prostora kroz staklenik [kWh]
- $F_{sh,ob}$  – koeficijent zasjenjena od vanjskih prepreka direktnom upadu sunčevog zračenja (-)
- $F_{F,iu}$  – udio ploštine prozorskog okvira građevnog elementa u ukupnoj površini unutarnjeg prozora (0,2 ÷ 0,3)
- $A_{iu}$  – ukupna površina unutarnjeg prozora od grijanog prema negrijanom prostoru (stakleniku) [m<sup>2</sup>]
- $g_{eff,iu}$  – ukupna efektivna propusnost Sunčeva zračenja kroz prozirne elemente unutarnjeg prozirnog elementa,  $g_{eff,iu} = g_{gl,iu} = 0,9 \times g_{\perp}$



- $F_{F,ue}$  – udio ploštine prozorskog okvira vanjskog prozirnog elementa (za zimski vrt postavna vrijednost 0,1)
- $g_{eff,ue}$  – propusnost Sunčeva zračenja vanjske staklene površine,  $g_{eff,ue} = 0,9 \times g_{\perp F_{sh,e}}$
- $F_{sh,e}$  – koeficijent zasjenjena od vanjskih prepreka direktnom upadu sunčevog zračenja (-)
- $I_{S,k}$  – srednji toplinski tok od sunčevog zračenja na vanjsku površinu građevnog dijela k za mjesečni proračun [ $W/m^2$ ];
- $t$  – proračunsko vremensko razdoblje (h)



**Slika 29.** Solarni dobici kroz negrijani zimski vrt

**Tablica 23.** Rezultati proračuna dobitaka preko staklenika

	CIJELA KUĆA			PRIZEMLJE		
Mjesec	Qsd [MJ]	Qsi [MJ]	Qss [MJ]	Qsd [MJ]	Qsi [MJ]	Qss [MJ]
Siječanj	2355,28	1803,73	4159,01	2355,28	1803,73	4159,01
Veljača	2738,40	2097,13	4835,53	2738,40	2097,13	4835,53
Ožujak	3996,46	3060,58	7057,04	3993,46	3060,58	7057,04
Travanj	3734,18	2859,72	6593,90	3734,18	2859,72	6593,90
Svibanj	3821,06	2926,26	6747,32	3821,06	2926,26	6747,32
Lipanj	3552,32	2720,45	6272,77	3552,32	2720,45	6272,77
Srpanj	3946,34	3022,21	6968,55	3964,34	3022,21	6968,55
Kolovoz	4146,79	3175,72	7322,51	4146,79	3175,72	7322,51
Rujan	4340,37	3323,96	7664,33	3430,37	3323,96	7664,33
Listopad	4059,10	3108,55	7167,65	4053,10	3108,55	7167,65
Studeni	2364,17	1810,54	4174,71	2364,17	1810,54	4174,71
Prosinac	1816,57	1391,17	3207,74	1816,57	1391,17	3207,74

### 9.5.2. Unutarnji dobiti

Unutarnji toplinski dobiti ( $Q_{int}$ ) (tablica 24. – tablica 28.) od ljudi i uređaja računaju se s vrijednošću  $5 \text{ W/m}^2$  ploštine korisne površine za stambene prostore, a  $6 \text{ W/m}^2$  za poslovne prostore [14]:

$$Q_{int} = \frac{q_{spec} \times A_k \times t}{1000} [kWh] \quad (8)$$

gdje su:

- $q_{spec}$  – specifični unutarnji dobitak po  $\text{m}^2$  korisne površine,  $5 \text{ W/m}^2$  ili  $6 \text{ W/m}^2$ ;
- $A_K$  – korisna površina [ $\text{m}^2$ ];
- $t$  - proračunsko vrijeme [h]

**Tablica 24.** *Unutarnji dobici topline – cijela kuća*

Rezultati proračuna unutarnjih	
Tip proračuna unutarnjih dobitaka	Proračun unutarnjih dobitaka prema
Ploština korisne površine zone - $A_K$	212,70 m <sup>2</sup>
Specifični unutarnji dobitak - $q_{spec}$	5,00 W/m <sup>2</sup>
Ukupni unutarnji dobici - $Q_{int}$	9.316,26 kWh

**Tablica 25.** *Mjesečni unutarnji dobici topline*

	CIJELA KUĆA	PRIZEMLJE	KAT
Mjesec	$Q_{int}$	$Q_{int}$	$Q_{int}$
Siječanj	791,24	460,54	330,71
Veljača	714,67	415,97	298,70
Ožujak	791,24	460,54	330,71
Travanj	765,72	445,68	320,04
Svibanj	791,24	460,54	330,71
Lipanj	765,72	445,68	320,71
Srpanj	791,24	460,54	320,04
Kolovoz	791,24	460,54	330,71
Rujan	765,72	445,68	320,04
Listopad	791,24	460,54	330,71
Studeni	765,72	445,68	320,04
Prosinac	791,24	460,54	330,71

**Tablica 26.** *Ukupni dobici*

Ukupni dobici topline	CIJELA KUĆA	PRIZEMLJE	KAT
Unutarnji dobici topline	$Q_{int} = 9.316,26$ [kWh]	$Q_{int} = 5.422,44$ [kWh]	$Q_{int} = 3.893,82$ [kWh]
Solarni dobici topline	$Q_{sol} = 43.055,25$ [MJ]	$Q_{sol} = 30.502,10$ [MJ]	$Q_{sol} = 12.553,15$ [MJ]
Ostali dobici topline	$Q' = 72.171,06$ [MJ]	$Q' = 72.171,06$ [MJ]	$Q' = 0,00$ [MJ]

**Tablica 27.** *Mjesečni dobici topline*

	Cijela kuća	Prizemlje	Kat
Mjesec	Toplinski dobici [kWh]	Toplinski dobici [kWh]	Toplinski dobici [kWh]
Siječanj	2707,33	2133,33	574,00
Veljača	3085,95	2448,64	637,31
Ožujak	4253,02	3400,10	852,92
Travanj	4250,43	3320,82	929,60
Svibanj	3485,97	2983,37	502,60
Lipanj	3316,36	2820,81	495,55
Srpanj	3589,04	3073,09	515,95
Kolovoz	3690,34	3186,09	504,25
Rujan	3766,51	3291,73	474,78
Listopad	4184,34	3386,74	797,60
Studeni	2725,76	2147,52	578,24
Prosinac	2268,51	1750,51	517,99

**Tablica 28.** *Godišnji dobici topline*

	Toplinski dobici [kWh]
Cijela kuća	41323,57
Prizemlje	33942,76
Kat	7380,81

## 9.6. Proračun potrebne topline za grijanje

Mjesečna potrebna toplinska energija za grijanje ( $Q_{H,nd}$ ) jest računski određena količina topline koju sustavom grijanja treba tijekom mjeseca dovesti u zgradu za održavanje unutarnje projektne temperature u zgradi tijekom razdoblja grijanja zgrade, tablice 29, 30, 31.

Potrebna toplinska energija za grijanje [14]:

$$Q_{H,nd,cont} = Q_{H,ht} - \eta_{H,gn} \times Q_{H,gn} \text{ [kWh]} \quad (9)$$

gdje su:

- $Q_{H,nd,cont}$  - potrebna toplinska energija za grijanje pri kontinuiranom radu [kWh];
- $Q_{H,ht}$  – ukupno izmjenjena toplinska energija u periodu grijanja [kWh];
- $Q_{H,gn}$  - ukupni toplinski dobici zgrade u periodu grijanja (ljudi, uređaji, rasvjeta i sunčevo zračenje) [kWh];
- $\eta_{H,gn}$  – faktor iskorištenja toplinskih dobitaka (-)

Omjer SATI u tjednu sa definiranom internom temperaturom  $f_{H,hr} = 1,00$  (sustavi bez prekida rada noć

**Tablica 29.** Potrebna energija za grijanje – cijela kuća

MJESEC	$Q_{tr}^{17}$	$Q_{ve}^{18}$	$Q_{H,h}^{19}$ t	$Q_{so}^{20}$ l	$Q_{in}^{21}$	$Q_{H,g}^{22}$ n	$\gamma_H$	$\eta_{H,gn}^{23}$	$\alpha_{re}^{24}$ d,H	$Q_{H,n}^{24}$ d
Siječanj	2.199	659	2.85	76	7	1.55	0,	0,9	1,0	1.44
Veljača	1.827	541	2.36	1.0	7	1.74	0,	0,8	1,0	899
Ožujak	1.610	457	2.06	1.5	7	2.29	1,	0,7	1,0	399
Travanj	1.103	286	1.38	1.6	7	2.41	1,	0,5	1,0	0
Svibanj	688	128	816	82	7	1.61	1,	0,4	1,0	0
Lipanj	343	13	356	80	7	1.57	4,	0,2	1,0	0
Srpanj	198	-	157	86	7	1.65	1	0,0	1,0	0
Kolovoz	266	-	250	86	7	1.65	6,	0,1	1,0	0
Rujan	732	146	879	87	7	1.63	1,	0,4	1,0	0
Listopad	1.189	313	1.50	1.4	7	2.19	1,	0,5	1,0	67
Studeni	1.596	456	2.05	80	7	1.56	0,	0,8	1,0	749
Prosinac	2.160	646	2.80	58	7	1.37	0,	0,9	1,0	1.52
UKUPNO										508

<sup>17</sup>  $Q_{Tr}$  - izmjenjena toplinska energija transmisijom za proračunsku zonu (kWh)

<sup>18</sup>  $Q_{ve}$  - izmjenjena toplinska energija ventilacijom za proračunsku zonu (kWh)

<sup>19</sup>  $Q_{H,ht}$  - ukupno izmjenjena toplinska energija u periodu grijanja (kWh)

<sup>20</sup>  $Q_{sol}$  - toplinski dobici od Sunčeva zračenja (kWh)

<sup>21</sup>  $Q_{int}$  - unutarnji toplinski dobici zgrade (ljudi, uređaji, rasvjeta) (kWh)

<sup>22</sup>  $Q_{H,gn}$  - ukupni toplinski dobici zgrade u periodu grijanja: ljudi, uređaji, rasvjeta i sunčevo zračenje (kWh)

<sup>23</sup>  $\eta_{H,gn}$  - faktor iskorištenja toplinskih dobitaka

<sup>24</sup>  $Q_{H,nd}$  - godišnja potrebna toplinska energija za grijanje zgrade/zone (kWh/a)

**Tablica 30.** *Potrebna energija za grijanje – prizemlje*

MJESEC	$Q_{tr}$	$Q_{ve}$	$Q_{H,ht}$	$Q_{sol}$	$Q_{int}$	$Q_{H,gn}$	$\gamma_H$	$\eta_{H,gn}$	$\alpha_{red,H}$	$Q_{H,nd}$
MJESEČNO										
Siječanj	1.751	363	2.114	518	461	978	0,46	0,896	1,00	1.238
Veljača	1.459	298	1.757	689	416	1.105	0,63	0,831	1,00	838
Ožujak	1.299	252	1.551	979	461	1.440	0,93	0,717	1,00	520
Travanj	908	158	1.066	1.044	446	1.489	1,40	0,570	1,00	152
Svibanj	601	70	672	649	461	1.109	1,65	0,509	1,00	0
Lipanj	334	7	342	633	446	1.078	3,16	0,300	1,00	0
Srpanj	225	- 22	203	677	461	1.137	5,61	0,175	1,00	0
Kolovoz	278	- 9	269	692	461	1.152	4,29	0,226	1,00	0
Rujan	633	81	714	717	446	1.163	1,63	0,514	1,00	8
Listopad	976	172	1.148	935	461	1.396	1,22	0,622	1,00	281
Studeni	1.287	251	1.538	542	446	988	0,64	0,826	1,00	722
Prosinac	1.721	356	2.077	399	461	859	0,41	0,914	1,00	1.291
UKUPNO										5049

**Tablica 31.** *Potrebna energija za grijanje – kat*

MJESEC	$Q_{tr}$	$Q_{ve}$	$Q_{H,ht}$	$Q_{sol}$	$Q_{int}$	$Q_{H,gn}$	$\gamma_H$	$\eta_{H,gn}$	$\alpha_{red,H}$	$Q_{H,nd}$
MJESEČNO										
Siječanj	1.139	296	1.435	243	331	574	0,40	0,933	1,00	899
Veljača	953	243	1.196	339	299	637	0,53	0,886	1,00	631
Ožujak	859	205	1.065	522	331	853	0,80	0,783	1,00	397
Travanj	616	129	744	610	320	930	1,25	0,627	1,00	161
Svibanj	432	57	489	172	331	503	1,03	0,699	1,00	133
Lipanj	265	6	270	176	320	496	1,83	0,481	1,00	0
Srpanj	199	- 18	181	185	331	516	2,85	0,332	1,00	0
Kolovoz	231	- 8	224	174	331	504	2,25	0,408	1,00	0
Rujan	449	66	515	155	320	475	0,92	0,738	1,00	143
Listopad	659	140	800	467	331	798	1,00	0,710	1,00	233
Studeni	850	205	1.054	258	320	578	0,55	0,881	1,00	545
Prosinac	1.120	290	1.410	187	331	518	0,37	0,943	1,00	921
UKUPNO										4063

### 9.6.1. Potrebna energija za zagrijavanje vode

U tablici 32. prikazana je potrebna energija za zagrijavanje potrošne tople vode.

**Tablica 32.** *Potrebna energija za zagrijavanje vode*

POTREBNI PODACI	Cijela kuća	Prizemlje	Kat
Broj dana sezone grijanja - $d_g$	157,00 dan	205,00 dan	268,00 dan
Broj dana izvan sezone grijanja- $d_{ng}$	208,00 dan	160,00 dan	97,00 dan
Ploština korisne površine zone - $A_k$	212,70 m <sup>2</sup>	123,80 m <sup>2</sup>	88,90 m <sup>2</sup>
Tip zgrade: Stambena zgrada s 3 i manje stambene jedinice			
Specifična toplinska energija potrebna za pripremu PTV - $Q_{W,A,a}$	12,50 kWh/m <sup>2</sup> a	12,50 kWh/m <sup>2</sup> a	12,50 kWh/m <sup>2</sup> a
Potrebna toplinska energija za pripremu PTV (u sezoni grijanja)- $Q_{W,g}$	1143,63 kWh	869,14 kWh	815,93 kWh
Potrebna toplinska energija za pripremu PTV (izvan sezone grijanja)- $Q_{W,ng}$	1515,12 kWh	678,36 kWh	295,32 kWh
Potrebna godišnja toplinska energija za pripremu PTV - $Q_w$	2658,75 kWh	1547,50 kWh	1111,25 kWh

## 9.7. Rezultati proračuna

Rezultati proračuna potrebne toplinske energije za grijanje i toplinske energije za hlađenje prema poglavlju VII. tehničkog propisa o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama, za zgradu grijanu na temperaturu 18°C ili više.

	CIJELA KUĆ	PRIZEMLJE	KAT
Oplošje grijanog dijela	$A = 607,19 \text{ [m}^2\text{]}$	$A = 499,92 \text{ [m}^2\text{]}$	$A = 359,16 \text{ [m}^2\text{]}$
Obujam grijanog dijela	$V_e = 900,94 \text{ [m}^3\text{]}$	$V_e = 496,58 \text{ [m}^3\text{]}$	$V_e = 404,42 \text{ [m}^3\text{]}$
Koeficijent oblika zgrade	$f_o = 0,67 \text{ [m}^{-1}\text{]}$	$f_o = 1,01 \text{ [m}^{-1}\text{]}$	$f_o = 0,89 \text{ [m}^{-1}\text{]}$
Ploština korisne površine	$A_k = 212,70 \text{ [m}^2\text{]}$	$A_k = 123,80 \text{ [m}^2\text{]}$	$A_k = 88,90 \text{ [m}^2\text{]}$
Godišnja potrebna toplina za grijanje	$Q_{H,nd} = 5081,06 \text{ [kWh/a]}$	$Q_{H,nd} = 5049,03 \text{ [kWh/a]}$	$Q_{H,nd} = 4063,31 \text{ [kWh/a]}$
Godišnja potrebna toplina za grijanje po jedinici ploštine korisne površine (za stambene i nestambene zgrade)	$Q''_{H,nd} = 23,89 \text{ (max = 56,80) [kWh/m}^2\text{a]}$	$Q''_{H,nd} = 40,78 \text{ (max = 73,24) [kWh/m}^2\text{a]}$	$Q''_{H,nd} = 45,71 \text{ (max = 68,43) [kWh/m}^2\text{a]}$
Koeficijent transmisijskog toplinskog gubitka po jedinici oplošja grijanog dijela zgrade	$H'_{tr,adj} = 0,28 \text{ (max = 0,52) [W/m}^2\text{K]}$	$H'_{tr,adj} = 0,28 \text{ (max = 0,45) [W/m}^2\text{K]}$	$H'_{tr,adj} = 0,26 \text{ (max = 0,47) [W/m}^2\text{K]}$
Koeficijent transmisijskog toplinskog gubitka	$H_{tr,adj} = 170,73 \text{ [W/K]}$	$H_{tr,adj} = 139,99 \text{ [W/K]}$	$H_{tr,adj} = 94,15 \text{ [W/K]}$
Koeficijent toplinskog gubitka provjetravanjem	$H_{ve,adj} = 45,19 \text{ [W/K]}$	$H_{ve,adj} = 24,91 \text{ [W/K]}$	$H_{ve,adj} = 20,29 \text{ [W/K]}$
Ukupni godišnji gubici topline	$Q_1 = 62681,09 \text{ [MJ]}$	$Q_1 = 47870,41 \text{ [MJ]}$	$Q_1 = 33220,61 \text{ [MJ]}$
Godišnji iskoristivi unutarnji dobici topline	$Q_i = 33538,53 \text{ [MJ]}$	$Q_i = 19520,78 \text{ [MJ]}$	$Q_i = 14017,75 \text{ [MJ]}$
Godišnji iskoristivi solarni dobici topline	$Q_s = 43055,25 \text{ [MJ]}$	$Q_s = 30502,10 \text{ [MJ]}$	$Q_s = 12553,15 \text{ [MJ]}$



## 9.8. Proračun potrošnje

Rezultati proračuna potrošnje energenata temeljem godišnje potrebne topline za grijanje prikazano su u tablici 33.

**Tablica 33. *Energenti***



		CIJELA KUĆA	PRIZEMLJE	KAT	
PARAMETRI PRORAČUNA	FORMULE	VRIJEDNOSTI			JEDINICE
Korisna toplina za grijanje- $Q_{H,nd}$		5081,06	5049,03	4063,31	kWh/a
Konačna toplina za grijanje- $Q_{H,del}$	$Q_{H,del} = Q_{H,nd} / \eta$	8468,44	8415,04	6772,19	kWh
Odabrani energent		Peleti	Peleti	Peleti	
Iskoristivost energenta (I)		60,00	60,00	60,00	%
Ogrijevna vrijednost (Ov)		2160,00	2160,00	2160,00	kWh/prm
Godišnja potrošnja energenta (Pe)	$Pe = Q_{H,del} / Ov$	3,92	3,90	3,14	prm

## 9.9. Energetski razred


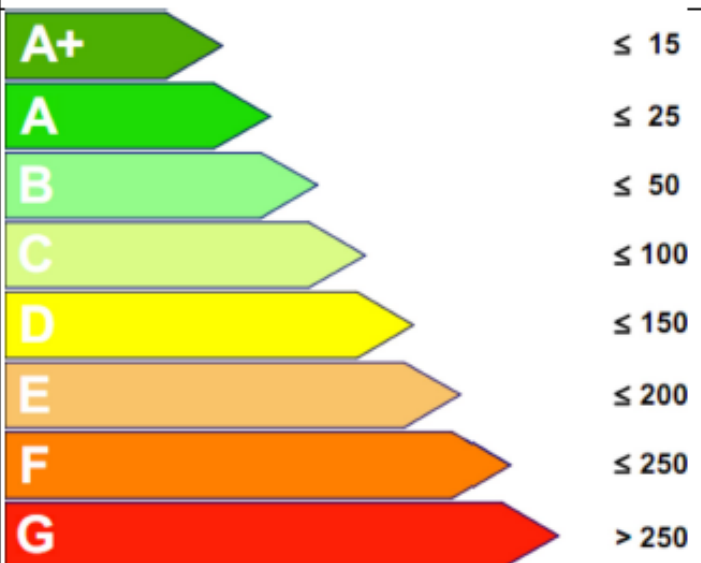

Stambene i nestambene zgrade svrstavaju se u osam energetskih razreda prema energetskoj ljestvici od A+ do G, s time da A+ označava energetski najpovoljniji, a G energetski najnepovoljniji razred. Stvrstavanje u razrede temelji se na specifičnoj godišnjoj potrebnoj toplinskoj energiji za grijanje za referentne klimatske podatke za stambenu zgradu,  $Q_{H,nd,ref}$  (kWh/(m<sup>2</sup>a)). Specifična godišnja potrebna toplinska energija za grijanje za referentne klimatske podatke za stambenu zgradu jest godišnja potrebna toplinska energija za grijanje za referentne klimatske podatke, izražena po jedinici ploštine korisne površine zgrade [15].

Prema proračunu u programu *KI EXPERT* cijela zgrada ima  $Q_{H,nd,ref} = 26$  kWh/(m<sup>2</sup>a), u prizemlju je  $Q_{H,nd,ref} = 43$  kWh/(m<sup>2</sup>a), a sami kat ima  $Q_{H,nd,ref} = 28$  kWh/(m<sup>2</sup>a) te se sve tri komponente nalaze u energetske razredu B, slike 30, 31, 32.


Koncept pasivne zgrade Kristine Turk prema proračunu ne zadovoljava  $Q_{H,nd,ref} \leq 15$  kWh/(m<sup>2</sup>a) te sa time ne spada u energetske razred A+ i nije pasivna zgrada.

 <p>prema Direktivi 2010/31/EU</p>	<b>Zgrada</b> <input type="checkbox"/> nova/veća rekonstrukcija <input type="checkbox"/> prodaja <input type="checkbox"/> iznajmljivanje, zakup, leasing		
	Vrsta zgrade <b>Stambeni dio</b>		
	Naziv zgrade <b>Niskoenergetski koncipirana obiteljska kuća / Zon</b>		
	Adresa		
	Mjesto <b>Kontinentalna Hrvatska</b>		
	k. č.	k. o.	
	Vlasnik / Investitor		
	Godina izgradnje: <b>2015</b>	Izvođač	
	<b>Energetski certifikat za stambene zgrade</b>	<b>Q<sub>H,nd,ref</sub></b>	<b>kWh/(m<sup>2</sup>a)</b>
			<b>26</b>
<b>A+</b>		≤ 15	
<b>A</b>		≤ 25	
<b>B</b>		≤ 50	
<b>C</b>		≤ 100	
<b>D</b>		≤ 150	
<b>E</b>		≤ 200	
<b>F</b>		≤ 250	
<b>G</b>		> 250	
<b>Podaci o zgradi</b>			
A <sub>v</sub> [m <sup>2</sup> ]	212,70	f <sub>0</sub> [m <sup>-1</sup> ]	0,67
V <sub>v</sub> [m <sup>3</sup> ]	900,94	H <sub>v,ad</sub> [W/(m <sup>2</sup> K)]	0,28
<b>Podaci o osobi koja je izdala energetske certifikat</b>			
Ovlaštena fizička osoba			
Ovlaštena pravna osoba			
Imenovana osoba			
Registarski broj ovlaštene osobe			
Oznaka energetskog certifikata			
Datum izdavanja/rok važenja			
Potpis ovlaštene fizičke ili imenovane osobe			
<b>Podaci o osobama koje su sudjelovale u izradi certifikata</b>			
Dio zgrade	Ovlaštena osoba	Registarski broj	Potpis
Građevinski			
Strojarski			
Elektrotehnički			

Slika 30. Energetski certifikat za cijelu kuću

 <p>prema Direktivi 2010/31/EU</p>	<b>Zgrada</b>		<input type="checkbox"/> nova/veća rekonstrukcija <input type="checkbox"/> prodaja <input type="checkbox"/> iznajmljivanje, zakup, leasing	
	Vrsta zgrade		Stambeni dio	
	Naziv zgrade		Niskoenergetski koncipirana obiteljska kuća / Zon	
	Adresa			
	Mjesto		Kontinentalna Hrvatska	
	k. č.		k. o.	
	Vlasnik / Investitor			
	Godina izgradnje:		0	Izvođač
	<b>Energetski certifikat za stambene zgrade</b>		$Q''_{H,nd,ref}$ kWh/(m <sup>2</sup> a)	
				
A+ ≤ 15				
A ≤ 25				
B ≤ 50				
C ≤ 100				
D ≤ 150				
E ≤ 200				
F ≤ 250				
G > 250				
Podaci o zgradi				
$A_v$ [m <sup>2</sup> ] 123,80		$f_{0,1}$ [m <sup>-1</sup> ] 1,01		
$V_a$ [m <sup>3</sup> ] 496,58		$H'_{tr,ag}$ [W/(m <sup>2</sup> K)] 0,28		
Podaci o osobi koja je izdala energetski certifikat				
Ovlaštena fizička osoba				
Ovlaštena pravna osoba				
Imenovana osoba				
Registarski broj ovlaštene osobe				
Oznaka energetskog certifikata				
Datum izdavanja/rok važenja				
Potpis ovlaštene fizičke ili imenovane osobe				
Podaci o osobama koje su sudjelovale u izradi certifikata				
Dio zgrade	Ovlaštena osoba	Registarski broj	Potpis	
Građevinski				
Strojarski				
Elektrotehnički				

Slika 31. Energetski certifikat za prizemlje

 <p>prema Direktivi 2010/31/EU</p>	<b>Zgrada</b>		<input type="checkbox"/> nova/veća rekonstrukcija <input type="checkbox"/> prodaja <input type="checkbox"/> iznajmljivanje, zakup, leasing	
	Vrsta zgrade		Stambeni dio	
	Naziv zgrade		/ Zona 1	
	Adresa			
	Mjesto		Kontinentalna Hrvatska	
	k. č.		k. o.	
	Vlasnik / Investitor			
	Godina izgradnje:		2015	Izvođač
Energetski certifikat za stambene zgrade	$Q''_{H,nd,ref}$		kWh/(m <sup>2</sup> a)	
			Izračun	
			48	
	A+		≤ 15	
	A		≤ 25	
	B		≤ 50	
	C		≤ 100	
	D		≤ 150	
	E		≤ 200	
	F		≤ 250	
G		> 250		
Podaci o zgradi				
$A_K$ [m <sup>2</sup> ]		88,90	$f_{0,1}$ [m <sup>-1</sup> ]	
$V_{0,1}$ [m <sup>3</sup> ]		404,42	$H'_{tr,adj}$ [W/(m <sup>2</sup> K)]	
			0,26	
Podaci o osobi koja je izdala energetski certifikat				
Ovlaštena fizička osoba				
Ovlaštena pravna osoba				
Imenovana osoba				
Registarski broj ovlaštene osobe				
Oznaka energetskog certifikata B				
Datum izdavanja/rok važenja				
Potpis ovlaštene fizičke ili imenovane osobe				
Podaci o osobama koje su sudjelovale u izradi certifikata				
Dio zgrade	Ovlaštena osoba	Registarski broj	Potpis	
Građevinski				
Strojarski				
Elektrotehnički				

Slika 32. Energetski certifikat za kat

## 10. ZAKLJUČAK

Izrada termodinamičkog proračuna niskoenergetski koncipirane obiteljske kuće provedena je u skladu sa svim važećim normama i pravilnicima, te u skladu sa svim pravilima struke.

Proračunom je dokazano da koncept zgrade s ovakvim sastavom zidova, krova, podova i velikim staklenim površinama ne odgovara energetske razredu A+. Temeljem specifične godišnje potrebne toplinske energije za grijanje za referentne klimatske podatke za stambenu zgradu koja iznosi 26 kWh/(m<sup>2</sup>a) zgradu svrstava u energetske razred B.

Za postizanje energetske razreda A+ nužna je suradnja različitih struka. Na temelju proračuna zaključujemo da je potrebno kuću dogrijavati pa se preporučaju i da se izvede podno grijanje s rekuperacijom topline.

Ovaj proračun predstavlja temelj za daljnu analizu potrebe alternativnih izvora topline koji bi pokrili energetske potrebe, te bi vodili prema pasivnoj gradnji.

## 11. LITERATURA

- [1] Energija i okoliš (20.06.2015).  
[http://www.izvorienergije.com/energija\\_i\\_ekologija.html](http://www.izvorienergije.com/energija_i_ekologija.html)
- [2] Zbašnik Senegačnik M. (2009.) "Pasivna kuća", Zagreb, SUN ARH d.o.o.
- [3] Grđan Marko," Obična, niskoenergetska ili pasivna kuća" (04.07.2015).  
<http://www.pasivna-kuca.info/gradnja/37-gradnja-pasivne-kuce/137-obicna-niskoenergetska-ili-pasivna-kuca.html>
- [4] The New York Times, "Passive house" 30. 04. 2009 (20. 06. 2015.)  
[http://www.nytimes.com/interactive/2009/04/30/business/energy-environment/20090430\\_businessofgreen\\_house.html?ref=businessspecial2](http://www.nytimes.com/interactive/2009/04/30/business/energy-environment/20090430_businessofgreen_house.html?ref=businessspecial2)
- [5] Reccknagel, Sprengler, Schramek, Čeperković (7.izdanje, 2012) "Grejanje i klimatizacija"
- [6] Bionić LJ. (2011.) "Uvod u projektiranje stambenih zgrada" , Arhitektonski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
- [7] "ISO 7730:2005" (20. 06. 2015.),  
[http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue\\_tc/catalogue\\_detail.htm?csnumber=39155](http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=39155)
- [8] Biškup Vedrana "Ekološko osviješteno stanovanje" (20.06.2015)  
[http://virtual.arhitekt.hr/II/SUSTAN/Dijeljeni%20dokumenti/STUDENTSKI%20SEMINARSKI%20RADOVI/SS\\_Ekoloski%20osvijesteno%20stanovanje\\_VEDRANA%20BISKUP.pdf](http://virtual.arhitekt.hr/II/SUSTAN/Dijeljeni%20dokumenti/STUDENTSKI%20SEMINARSKI%20RADOVI/SS_Ekoloski%20osvijesteno%20stanovanje_VEDRANA%20BISKUP.pdf)
- [9] Obućana Mateja (2014, FSB), "Projekt grijanja stambene zgrade s dizalicom topline"  
[http://repozitorij.fsb.hr/2936/1/18\\_09\\_2014\\_matejobucina-zavsnirad.pdf](http://repozitorij.fsb.hr/2936/1/18_09_2014_matejobucina-zavsnirad.pdf)
- [10] TROHA-DIL d.o.o. Bluegreen. Linija prozora i vrata za pasivne i niskoenergetske kuće (19.06.2015.),  
<http://www.troha-dil.hr/images/uploads/bluegreen-pasivni-prozori-i-vrata.pdf>
- [11] INOUTIC/windows and doors "U-vrijedost - Izračun za prozore" (16.06.2015.),  
<http://www.inoutic.hr/hr/savjeti-za-kupovinu-prozora/uteda-energije/u-vrijednost-za-prozore/u-vrijednost-prozora.html>

- [12] Knauf Insulation "Izolacija vanjskih zidova (2-2012)" (20.06.2015),  
<http://www.knaufinsulation.hr/sites/hr.knaufinsulation.net/files/kontaktne-fasade-02-2012.pdf>
- [13] Turk Kristina "Svjetlosni i toplinski dobici kroz otvore na pročelju" (završni rad, 2015, Međimursko Veleučilište u Čakovcu)
- [14] Soldo V, Novak S. "Algoritam za proračun potrebne energije za grijanje i hlađenje prostora zgrade prema HRN EN ISO 13790"
- [15] "Priručnik za energetska certificiranje"(2010), Program Ujedinjenih naroda za razvoj – UNDP

## **12. PRILOZI**

### **12.1. Popis slika**

**Slika 1.** *Energetski razredi*

**Slika 2.** *Grafičko objašnjenje pasivne kuće*

**Slika 3.** *Razmak između građevina određen je zimskim upadnim kutom sunca*

**Slika 4.** *Faktor oblika geometrijskih tijela s jednakim volumenom*

**Slika 5.** *Smještaj prostorija u odnosu na strane svijeta.*

**Slika 6.** *Uređaj za ventilaciju dovodi svježi zrak u prostore i odvodi iskorišteni zrak iz zgrade. Svježi zrak dovodi se u stambene prostore i spavaonice, a odvodi iz kuhinje i kupaonice*

**Slika 7.** *Uvjeti za temperaturu ugodnosti čovjeka*

**Slika 8.** *Područje ugodnosti pri različitim aktivnostima*

**Slika 9.** *Odnos PMV i PPD indeksa*

**Slika 10.** *Godišnja toplinska bilanca pasivne kuće*

**Slika 11.** *Unutarnji izvori topline evidentirani termografskom kamerom*

**Slika 12.** *Toplinska strujanja kroz plašt zgrade*

**Slika 13.** *Certifikat pasivnog prozora*

**Slika 14.** *U-vrijednost*

**Slika 15.** *Pojedinačni gubitci topline u funkciji ukupnih toplinskih gubitaka kroz prozor*

**Slika 16.** *Solarni dobitci ovise o vrsti i površini stakla*

**Slika 17.** *Prozor linije Plus*

**Slika 18.** *IFT Rosenheim ispitno izvješće*

**Slika 19.** *Certifikat Passivhaus Instituta*



**Slika 20.** *Položaj izolacije*

**Slika 21.** *Lamele FKL*

**Slika 22.** *Lamele na kući*

**Slika 23.** *Debljine lamela i tehnički podaci*

**Slika 24.** *Sastav konstrukcije*

**Slika 25.** *Računalni program KI EXPERT*

**Slika 26.** *Tlocrt prizemlja*

**Slika 27.** *Tlocrt kata*

**Slika 28.** *Zona 1 - proračun cijele kuće = prizemlje + kat*

**Slika 29.** *Debljine lamela i tehnički podaci*

**Slika 30.** *Energetski certifikat za cijelu kuću*

**Slika 31.** *Energetski certifikat za prizemlje*

**Slika 32.** *Energetski certifikat za kat*

## 12.2. Popis tabela

**Tablica 1.** *Minimalni broj izmjena zraka po satu*

**Tablica 2.** *Faktor smanjenja temperaturne razlike*

**Tablica 3.** *Korekcijski koeficijent*

**Tablica 4.** *Debljine lamela FKL*

**Tablica 5.** *Površine prizemnik prostorija*

**Tablica 6.** *Površina prostorija na katu*

**Tablica 7.** *Ukupne površine i volumen*

**Tablica 8.** *Podaci za referentnu postaju*

**Tablica 9.** *Geometrijska karakteristika cijele zgrade*

**Tablica 10.** *Građevni dijelovi zgrade*

**Tablica 11.** *Vanjski zidovi 1 - Vanjski zidovi prizemlje*

**Tablica 12.** *Vanjski zidovi 1 - Vanjski zidovi kat*

**Tablica 13.** *Podovi na tlu 1 – Pod*

**Tablica 14.** *Ravni krovovi iznad grijanog prostora 1 - Ravni krov*

**Tablica 15.** *Transmisijski gubici*

**Tablica 16.** *Gubici provjetravanjem*

**Tablica 17.** *Ukupni gubici topline*

**Tablica 18.** *Definirani građevni dijelovi prema stakleniku*

**Tablica 19.** *Otvori u plaštu staklenika*

**Tablica 20.** *Otvori prema stakleniku*

**Tablica 21.** *Rezultati proračuna dobitaka preko staklenika*

**Tablica 22.** *Unutarnji dobici topline – cijela kuća*

**Tablica 23.** *Mjesečni unutarnji dobici topline*

**Tablica 24.** *Ukupni dobici*

**Tablica 25.** *Mjesečni dobici topline*

**Tablica 26.** *Godišnji dobici topline*

**Tablica 27.** *Potrebna energija za grijanje – cijela kuća*

**Tablica 28.** *Potrebna energija za grijanje – prizemlje*

**Tablica 29.** *Potrebna energija za grijanje – prizemlje*

**Tablica 30.** *Potrebna energija za hlađenje – cijela kuća*

**Tablica 31.** *Potrebna energija za hlađenje – prizemlje*

**Tablica 32.** *Potrebna energija za hlađenje – kat*

**Tablica 33.** *Potrebna energija za zagrijavanje vode*

**Tablica 34.** *Energenti i cijene*

**Tablica 35.** *Godišnja emisija CO<sub>2</sub>*

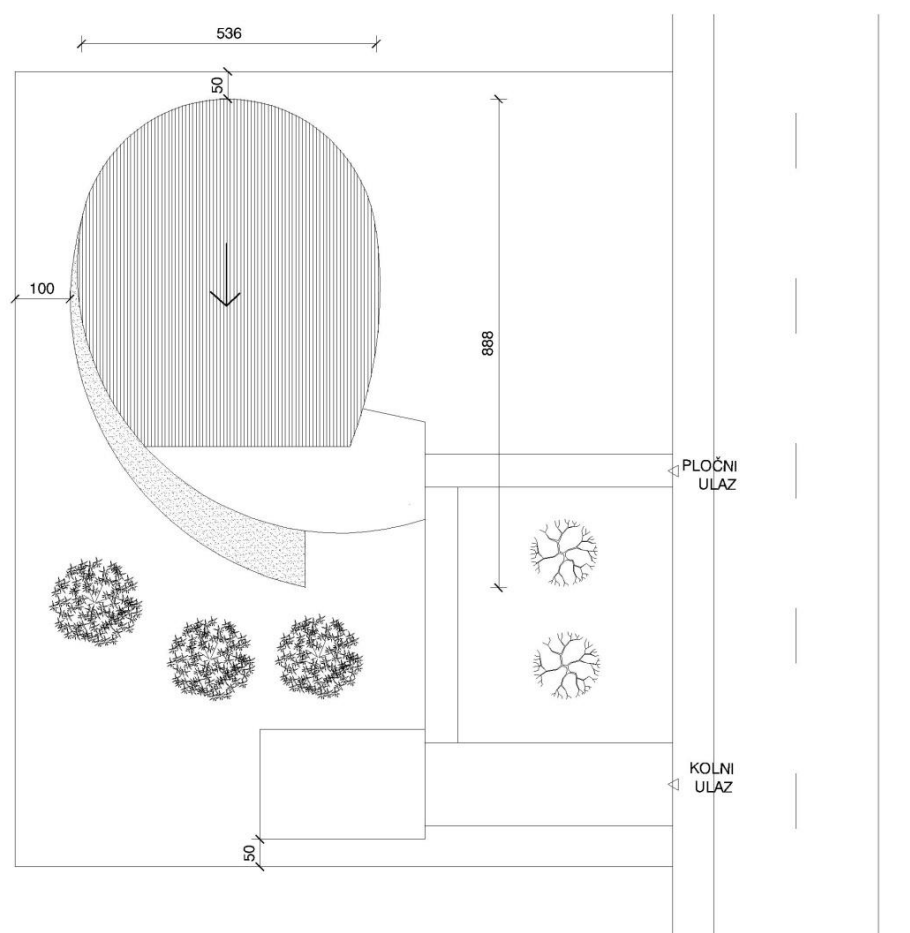
**Tablica 36.** *Primarna energija za grijanje*

**Tablica 37.** *Primarna energija za hlađenje*

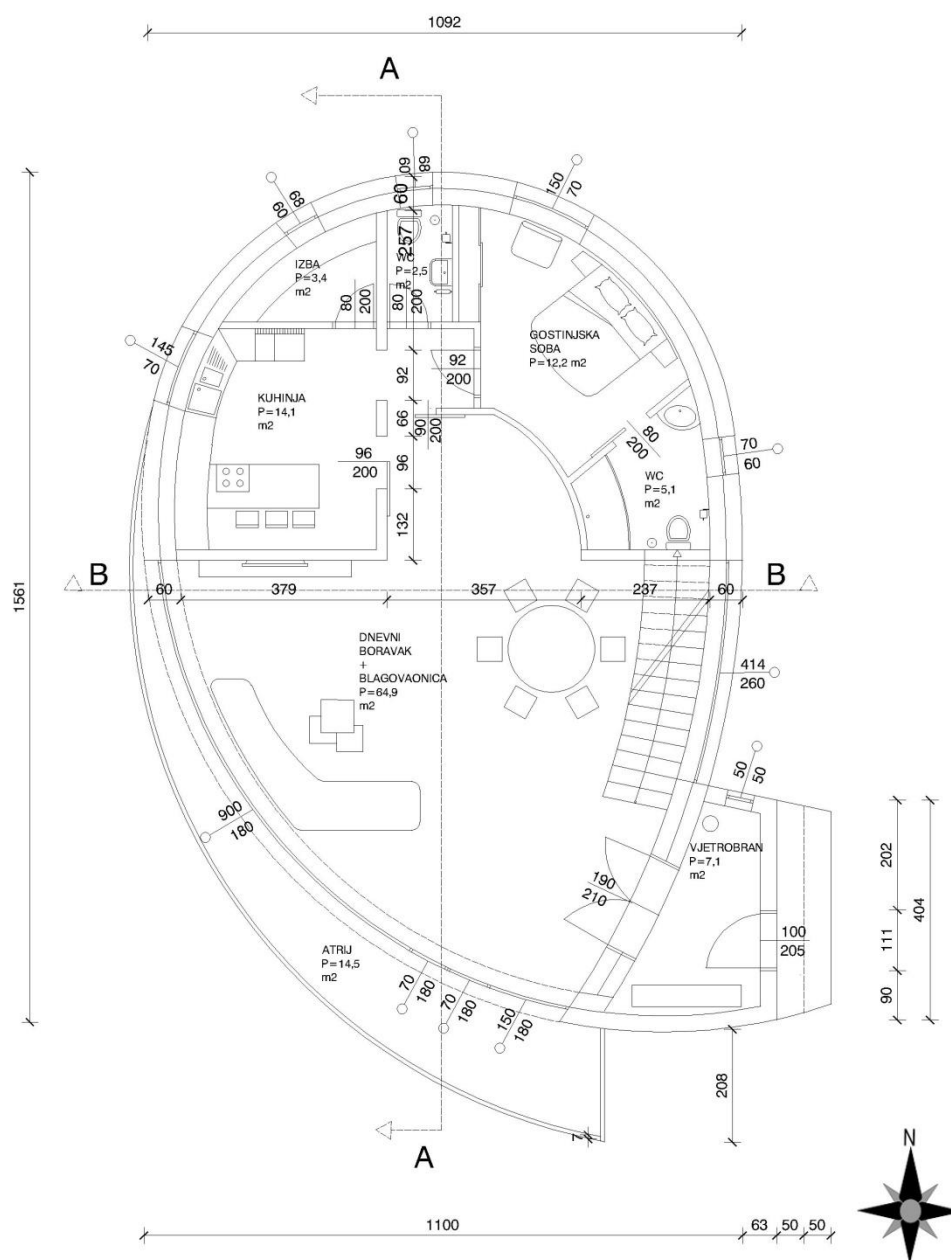
### **12.3. Grafički prikaz [13]**

	Mjerilo
Situacija	MJ 1:200
Tlocrt prizemlja	MJ 1:100
Tlocrt kata	MJ 1:100
Tlocrt krova	MJ 1:100
Presjek A-A	MJ 1:100
Presjek B-B	MJ 1:100
Perspektivni prikaz J	
Perspektivni prikaz II	

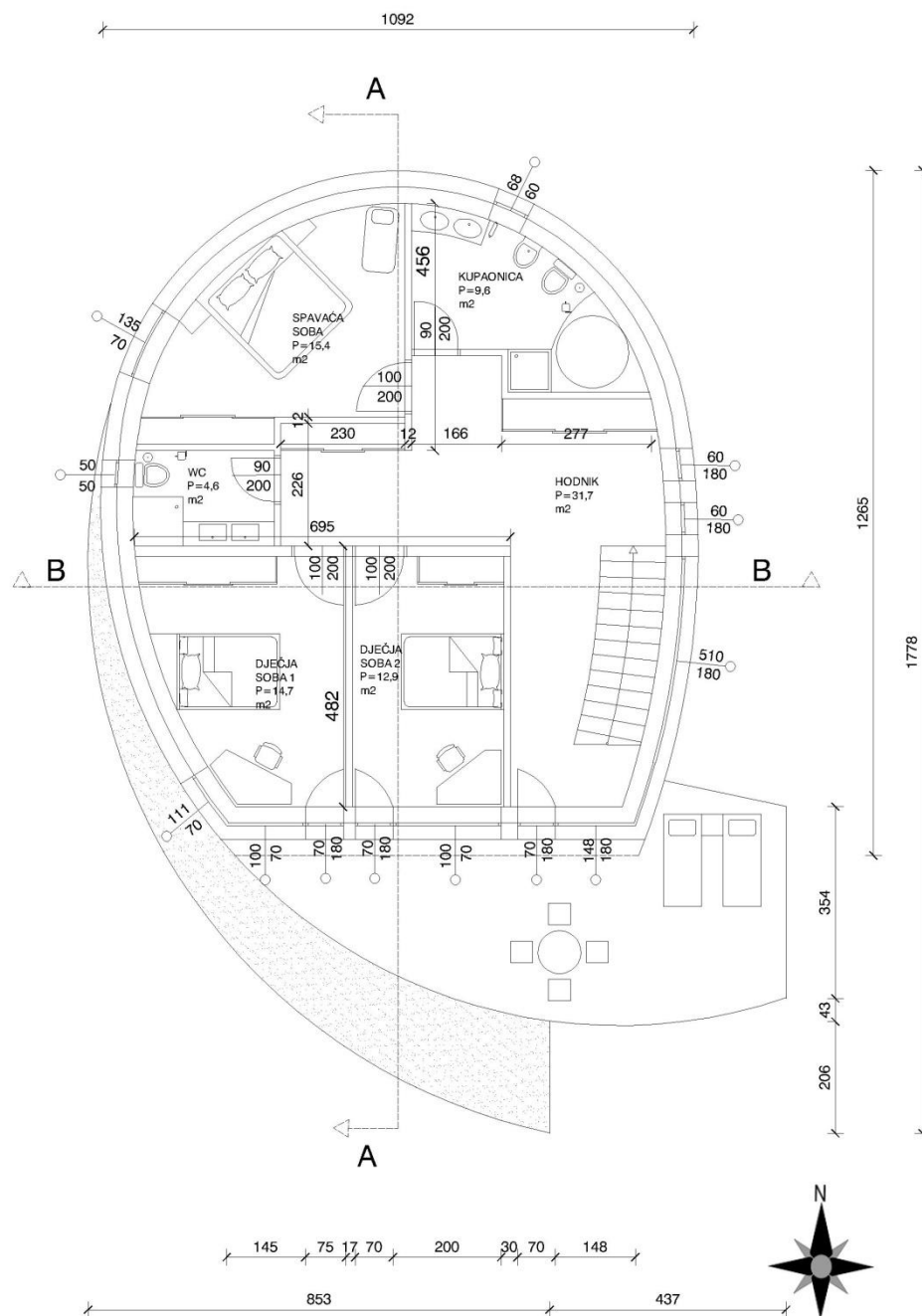
## TLOCRTNI PRIKAZ TZV. "SITUACIJA MJ 1:200"



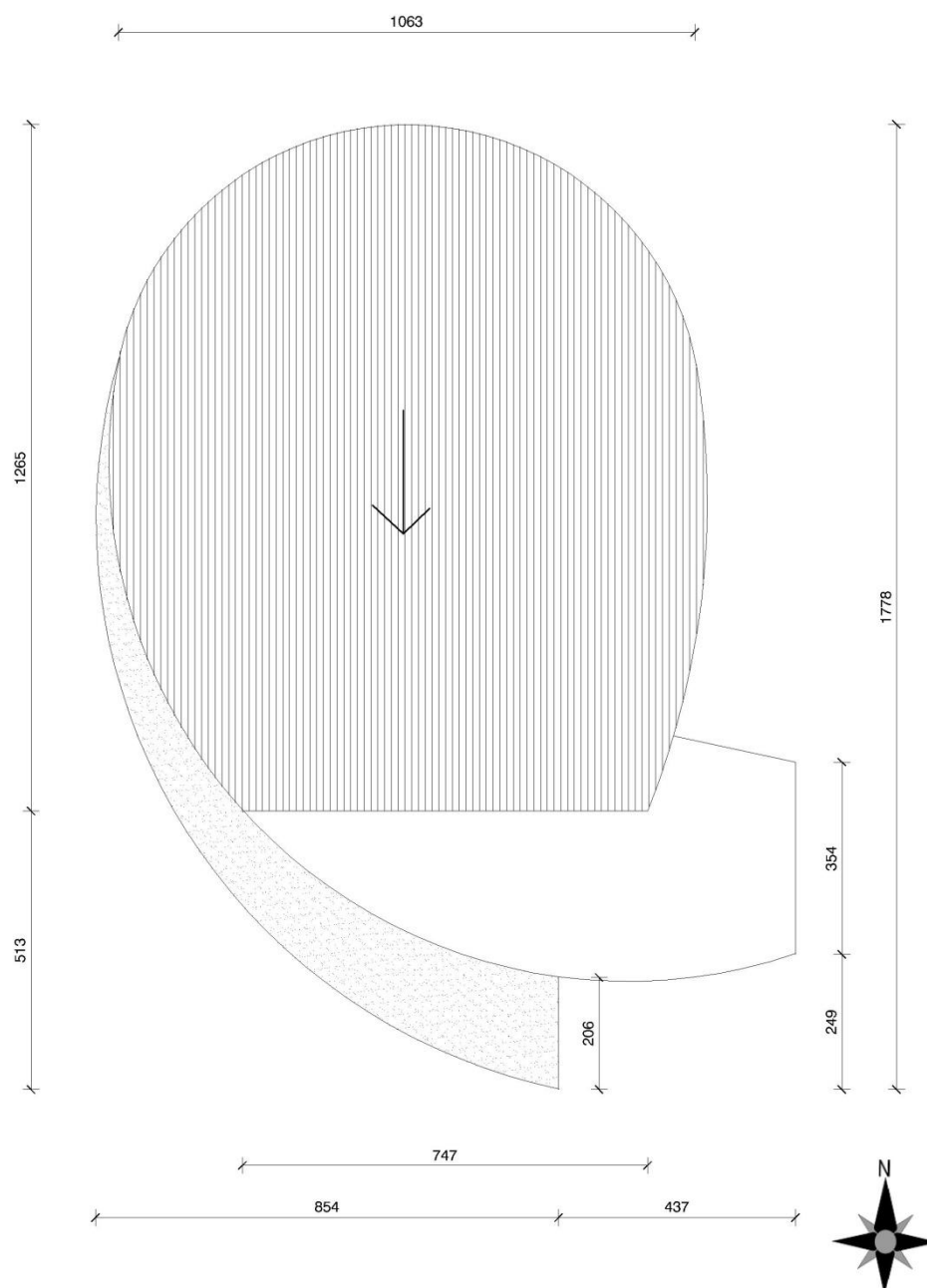
## TLOCRT PRIZEMLJA MJ 1:100



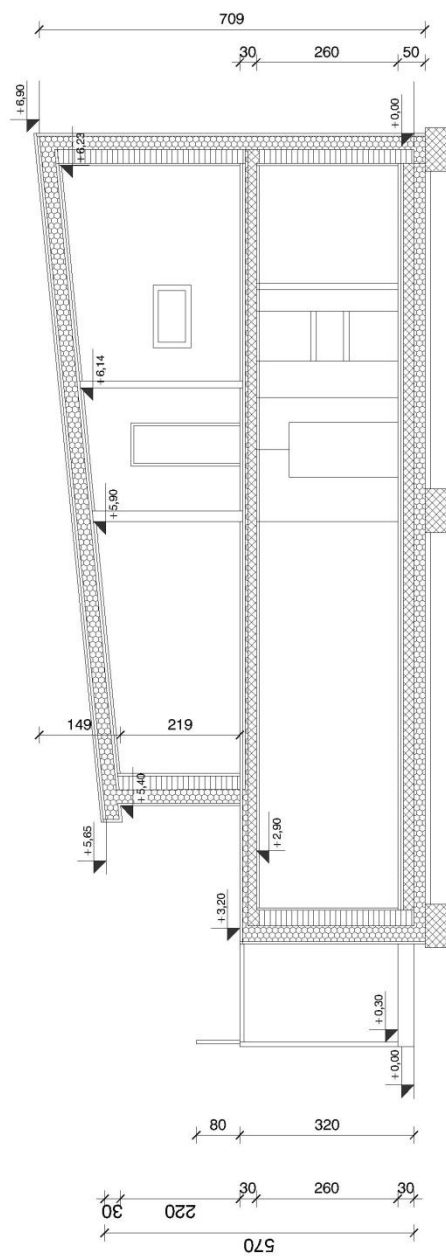
## TLOCRT KATA MJ 1:100



## KROV MJ 1:100

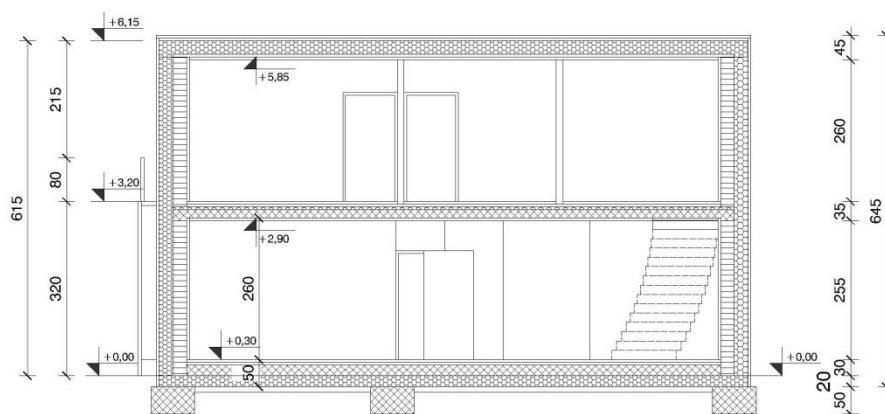


## PRESJEK A-A MJ 1:100

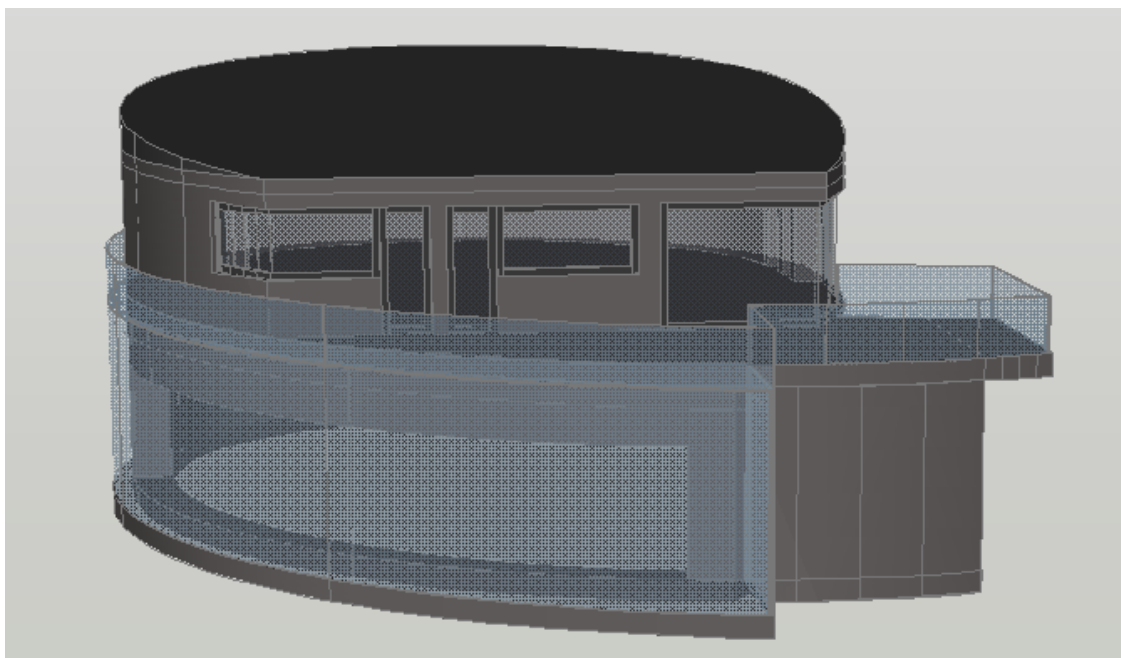




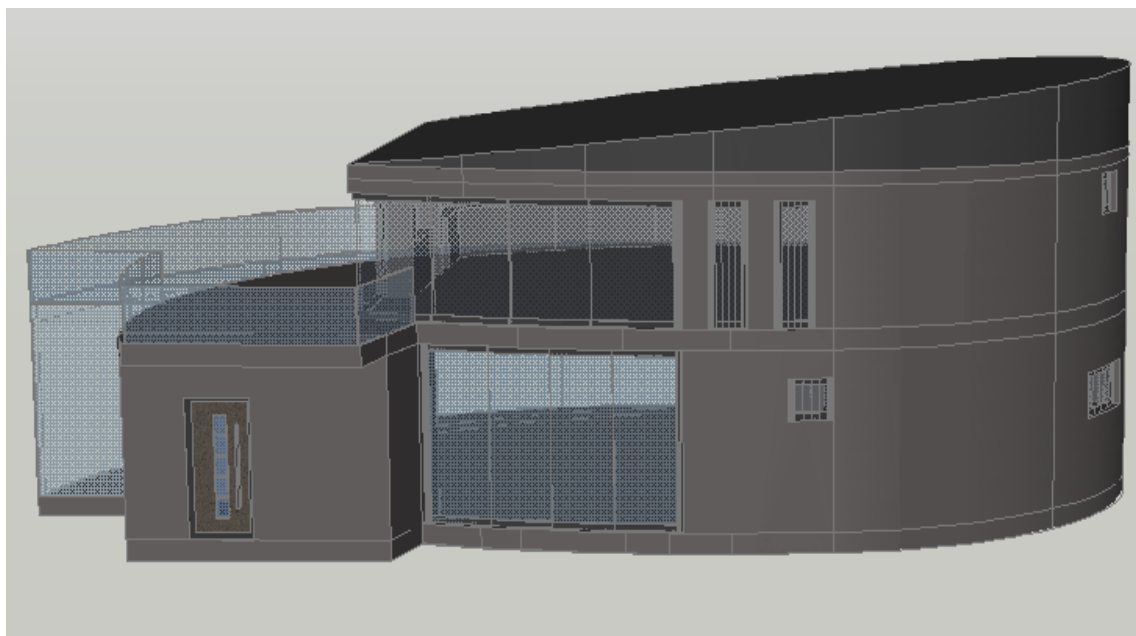
## PRESJEK B-B MJ 1:100



### PERSPEKTIVNI PRIKAZ (JUG)



### PERSPEKTIVNI PRIKAZ (JUGOISTOK)



#### **12.4. Termodinamički proračuni u računalnom programu KI EXPERT**

Ispis termodinamičkog proračuna iz računalnog programa KI EXPER prema tablicama do 10 do 33 nalazi se u digitalnom obliku završnog rada.